



PROYECTO FIN DE CARRERA

“INDUSTRIALIZACIÓN DE CICLOMOTOR BAJO SISTEMA PRODUCTIVO DE KNOCK DOWN”

Departamento de Ingeniería

Alumno: Carlos Vallés Monreal

Tutor: Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, 14 de septiembre de 2018



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INDUSTRIALIZACIÓN DE CICLOMOTOR BAJO
SISTEMA PRODUCTIVO DE KNOCK DOWN

Carlos Vallés Monreal

Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, 18 de septiembre de 2018

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	3
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	4
1.4 METODOLOGÍA UTILIZADA	4
1.4.1 Investigación	4
1.4.2 Análisis y evaluación	5
1.4.3 Diseño	6
1.5 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	6
1.5.1 Breve historia de la bicicleta.....	6
1.5.2 Breve historia del ciclomotor.....	8
1.5.3 Evolución del ciclomotor.....	9
1.5.4 Diferencias entre un ciclomotor y un scooter	10
1.5.5 Movilidad sostenible.....	11
1.6 CICLOMOTOR DEL PROYECTO	13
1.6.1 Especificaciones del producto	13
1.6.2 Sistema de propulsión.....	14
1.6.3 Componentes constructivos	19
1.6.4 Proceso De Manufactura.....	24
2. INTRODUCCION Y NECESIDAD DE PRODUCCION BAJO UN SISTEMA KNOCK DOWN.....	25
2.1 EL KNOCKED- DOWN	25
2.2 BENEFICIOS DEL KNOCKED DOWN	27

2.3	PRODUCCIÓN GLOBAL BAJO EL MODELO KNOCKED DOWN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.....	27
2.4	PRODUCCION EN EUROPA DE CICLOMOTORES.....	28
3.	PROCESO PRODUCTIVO DEL CICLOMOTOR	33
3.1	PROCESOS GENERALES KNOCKED DOWN	33
3.2	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	35
3.3	TIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	36
3.4	LÍNEA DE ENSAMBLE.....	43
3.5	BOM	46
3.6	DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS (PDM).....	47
4.	PROPUESTA PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS CICLOMOTORES	50
4.1	DATOS TÉCNICOS DEL CICLOMOTOR	52
4.2	TOMA DE DATOS	53
4.2.1	Estudio de componentes que definen el producto	53
4.2.2	Estudio de operaciones unitarias y tiempos	55
4.3	COMPONENTES Y BOM DEL CICLOMOTOR EN ESTUDIO.....	57
4.4	DIAGRAMA ANTE-PRE (PdM) DEL CICLOMOTOR EN ESTUDIO	58
4.5	OBTENCION DEL FLUJORAMA DE OPERACIONES	59
4.5.1	Premisas	59
4.5.2	Análisis de las estaciones de trabajo	61
4.6	PROPUESTA LAYOUT	68
4.7	PIEZAS DETALLADAS DEL CICLOMOTOR	70
4.8	RELACIÓN PIEZAS – ESTACIONES DE ENSAMBLE – TIEMPOS POR ESTACIÓN....	71
5.	SIMULACION LAYOUT EN SOFTWARE EDINCONTROL®	76
5.1	CONSTRUCCION MODELO.....	76
5.1.1	Surtidor de materiales:	76
5.1.2	Operaciones de ensamblaje:.....	79
5.1.3	Simular operaciones en paralelo 2P	84
5.1.4	Estaciones de trabajo	88

5.1.5	Interconectando estaciones de trabajo	89
5.2	SIMULANDO FALLOS Y DISTORSION EN LA SIMULACION	93
5.2.1	Simulando fallos de fabricación dentro de las operaciones:.....	93
5.2.2	Simulando fallos de calidad dentro de los materiales:.....	97
5.2.3	Simulando variabilidad en procesos	102
6.	OBSERVACIONES Y RESULTADOS	106
6.1	MODELOS DE ESTUDIO	106
6.1.1	Etapas de estudio	106
6.1.2	Simulaciones propuestas.....	109
6.2	EXTRACCIÓN DE OBSERVACIONES DE LOS MODELOS	111
6.2.1	Observación de la capacidad de producción en los modelos planteados.....	111
6.2.2	Observación de la saturación de la línea.....	114
6.3	DISPOSICION DE RESULTADOS	118
6.3.1	Resultados Simulación 1:.....	118
6.3.2	Resultados Simulación 2:.....	118
6.3.3	Resultados Simulación 3:.....	119
6.3.4	Resultados Simulación 4:.....	119
6.3.5	Resultado Simulación 5:	120
6.4	VALORACION DE RESULTADOS	121
6.4.1	Valoración de output per hour de los distintos modelos.....	121
6.4.2	Valoración de saturación de los distintos modelos.....	123
7.	CONCLUSIONES GLOBALES DEL PROYECTO	124
7.1	NECESIDAD DEL KNOCK-DOWN EN UN MUNDO GLOBALIZADO	124
7.2	PLANTEAMIENTO Y RESOLUCION DEL PROBLEMA	125
7.3	SOBRE EL USO DE SOFTWARE DE SIMULACION	126
	BIBLIOGRAFÍA	127
	ANEXO 1 - COMPONENTES DEL CICLOMOTOR	129
	ANEXO 2 - PROPIEDADES DE LAS BATERIAS DE ION-LITIO (LiFePO₄).....	133

ANEXO 3 – BILL OF MATERIAL (BoM)	142
ANEXO 4 - DIAGRAMA ANTE-PRE (PdM)	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Primer motor de cilindros a vapor. Fuente: Piquesabordo	1
Figura No. 2 Safety Bicycle de 1885. Fuente Bicihome	8
Figura No. 3 Ciclomotor en el año 1912. Fuente Peugeot.....	9
Figura No. 4 Evolución ciclomotores	9
Figura No. 5 Modelo Wards Riverside 150-D. Fuente Demotos	10
Figura No. 6 Problemas de movilidad	11
Figura No. 7 Ciclomotor	13
Figura No. 8 Sistema de propulsión.....	14
Figura No. 9 Diagrama eléctrico de propulsión.....	16
Figura No. 10 Diagrama de conexionado controlador.....	17
Figura No. 11 Sistema eléctrico: iluminación	18
Figura No. 12 Partes de la estructura.....	19
Figura No. 13 Partes de ruedas	20
Figura No. 14 Eléctricos, iluminación y controles	21
Figura No. 15 Partes de cubiertas y decorativas	22
Figura No. 16 Otras partes	23
Figura No. 17 Tipos de Knocked Down. Fuente: Elaboración propia en Riberio 2011.....	26
Figura No. 18 Evolución del mercado ciclomotor en España 2016- 2017. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas	31
Figura No. 19 . Demanda de ciclomotores por canal. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas.....	31
Figura No. 20 Ejemplo de distribución fija: construcción de avión	37
Figura No. 21 Distribución por proceso	38
Figura No. 22 Distribución por producto.....	39
Figura No. 23 Célula U	41
Figura No. 24 Distribución por tecnología de grupo	42
Figura No. 25 Diagrama de precedencias	48
Figura No. 26 Diagrama de flechas	49
Figura No. 27 Ficha técnica.....	52
Figura No. 28 Documentación gráfica del desmontaje.....	53

<i>Figura No. 29 Proceso de ensamble</i>	56
Figura No. 30 Convenciones del diagrama de antecedencia-precedencia.....	58
Figura No. 31 Número de trabajadores por puesto de trabajo	59
<i>Figura No. 32 Operación unitaria más costosa</i>	60
<i>Figura No. 33 Fragmento del diagrama Ante-pre</i>	61
<i>Figura No. 34 Configuración de la primera estación</i>	61
<i>Figura No. 35 Estación de trabajo No. 2</i>	62
<i>Figura No. 36 Estación de trabajo No. 3</i>	62
Figura No. 37 Estación de trabajo No. 4.....	63
Figura No. 38 Estación de trabajo No. 5.....	63
Figura No. 39 Estación de trabajo No. 6.....	64
Figura No. 40 Estación de trabajo No.7.....	64
Figura No. 41 Estación de trabajo No. 8.....	65
Figura No. 42 Estación no. 9	65
Figura No. 43 Estación de trabajo No. 10.....	66
Figura No. 44 Estación de trabajo no. 11	66
Figura No. 45 Estación de trabajo tipo	68
Figura No. 46 Esquema general de planta y flujo de materiales	69
Figura No. 47 EDIncontrol Configuración de los puestos de ensamblaje.....	76
Figura No. 48 EDIncontrol Baseclass.....	77
Figura No. 49 EDIncontrol Source	77
Figura No. 50 EDIncontrol Queue.....	78
Figura No. 51 EDIncontrol Assembler	79
Figura No. 52 Proceso del diagrama de antecedencia y precedencia.	79
Figura No. 53 EDInontrol propiedades de un proceso	80
Figura No. 54 EDIncontrol Configuración BOM.....	82
Figura No. 55 EDIncontrol configuración orden de los canales.....	83
Figura No. 56 EDIncontrol operaciones concatenadas.....	83
Figura No. 57 EDInconrol Operación Splitter.....	84
Figura No. 58 EDIncontrol Tabla de Edición del Splitter	85
Figura No. 59 EDIncontrol Diagrama del splitter	86
Figura No. 60EDIncontrol diagramación alternativa Splitter.....	86
Figura No. 61 EDIncontrol configuración actividad 007	87

Figura No. 62 EDIncontrol Atomo Lock and Unlock	88
Figura No. 63 EDIncontrol puesto de trabajo completo	88
Figura No. 64 Esquema puesto de trabajo	89
Figura No. 65 EDIncontrol Interconexión de puestos de trabajo	90
Figura No. 66 EDIncontrol. Configuración Conveyor	91
Figura No. 67 EDIncontrol configuración Queue	91
Figura No. 68 EDIncontrol, puesto de trabajo completo	92
Figura No. 69 EDIncontrol Función server	94
Figura No. 70 EDIncontrol Assy Failure.....	95
Figura No. 71 EDIncontrol Ventana Specific Server Assembly.	96
Figura No. 72 Ejemplo de la falla reteniendo la pieza.....	97
Figura No. 73 EDIncontrol . Esquema para simular la fallo de calidad de materiales	100
Figura No. 74 EDIncontrol. Ventana Specific Server Quality	100
Figura No. 75 EDIncontrol. Esquema con fallo de calidad de materiales	102
Figura No. 76 Ejemplo distribuciones lognormal.....	103
Figura No. 77 Opciones Variabilidad Operation	104
Figura No. 78 Ejemplo distribuciones poisson.....	104
Figura No. 79 Opciones Variabilidad Assembly fail.....	105
Figura No. 81 EDIncontrol Generic Monitor	112
Figura No. 82 EDIncontrol Generic Monitor Options.....	113
Figura No. 83 EDIncontrol 4DScript Output per hour	114
Figura No. 84 EDIncontrol Conexión Generic Monitor	114
Figura No. 85 EDIncontrol Medicion Atomo Queue	116
Figura No. 86 EDIncontrol Átomo Status Station.....	116
Figura No. 87 EDIncontrol Átomo Status Station Preferences	117
Figura No. 88 Resultados Simulación 1	118
Figura No. 89 Resultados Simulación 2	118
Figura No. 90 Resultados Simulación 3	119
Figura No. 91 Resultados Simulación 4	119
Figura No. 92 Resultados Simulación 5	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de compras por ciudad. Fuente: Dirección General de Tráfico	2
Tabla 2 Resumen de compras por marcas. Fuente: Dirección General de tráfico	3
Tabla 3 Características tipos Knocked Down. Fuente: Elaboración propia	26
Tabla 4 Ensamble de vehículo modelo KD. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 5 Matricula de ciclomotores en Europa 2016 – 2017. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas.....	29
Tabla 6 Matricula de ciclomotores por país en Europa enero/septiembre 2016 – 2017. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas	30
Tabla 7 Ranking por marcas de ciclomotores – Unidades vendidas y % de cuota de mercado. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas	32
Tabla 8 Objetivos y principios de la distribución en planta	35
Tabla 9 Resumen tipos de distribución de planta	43
Tabla 10 Esquema BOM.....	54
Tabla 11 Tipos de pieza	55
Tabla 12 Diseño de la BOM con operaciones unitarias de proceso y tiempos.....	58
Tabla 13 Ejemplo con la BOM	82
Tabla 14 Frecuencia y tiempos de fallos por operación	93
Tabla 15 Tipos de Materiales.....	98
Tabla 16 Materiales críticos.....	98
Tabla 17 Tabla Simulación 1	109
Tabla 18 Tabla Simulación 2	109
Tabla 19 Tabla Simulación 3	110
Tabla 20 Tabla Simulación 4	110
Tabla 21 Tabla Simulación 5	110
Tabla 22 EDIncontrol Resultados Simulación 1.....	118
Tabla 23 EDIncontrol Resultados Simulación 2.....	118
Tabla 24 EDIncontrol Resultados Simulación 3.....	119
Tabla 25 EDIncontrol Resultados Simulación 4.....	119
Tabla 26 EDIncontrol Resultados Simulación 5.....	120

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objeto la finalización de la licenciatura en Ingeniería Industrial enfocada en Organización industrial y en donde se propone la industrialización de un ciclomotor eléctrico.

Y es que un ciclomotor no es más que un vehículo de motor, casi siempre usa gasolina y es cilindrado. A simple vista es una motocicleta, pero con características inferiores en potencia, cilindrada, y velocidad máxima (que de hecho no supera los 45 km/h¹), entre otras.

El impacto de los vehículos eléctricos ha crecido sustancialmente a nivel mundial y se han convertido en la opción adecuada para desplazarse en ciudades de una forma limpia, silenciosa y sobre todo no contaminante.

Tras haberse inventado la rueda, la facilidad de transportarse fue un gran incentivo, y a través de los años famosos personajes se dedicaron a desarrollar sus ideas, como el constructor americano Sylvester Howard Roper, que en 1867 creó un motor de cilindros a vapor que era accionada nada más y nada menos por carbón, ingenio que en la historia ha sido considerado el origen de la motocicleta².



Figura No. 1 Primer motor de cilindros a vapor. Fuente: Piquesabordo

¹ Fernández Ropero, Manuel Tomás (12 de febrero de 2016). «Definiciones, Licencias, Permisos de Conducir y Documentación del vehículo». Centro de formación. Autoescuela Almerimar. Categoría de los vehículos. Córdoba: Ediciones Matfer. p. 6. ISBN 8493428639.

² ROPER (Sylvester Howard Roper) (1.865 - 1.896

A la altura del siglo XXI encontrar que los avances ya son abismales en cuanto a este vehículo se refiere y que, si de desplazamientos cortos se trata, serán las motos eléctricas las que se presentan como una de las mejores opciones de movilidad, no solo por su eficiencia, sino también por su sostenibilidad. De hecho, hoy en día, en algunas ciudades, es más caro tomarse una cerveza que el mantenimiento diario de un vehículo eléctrico.

Según la Dirección General de Tráfico (DGT), para el año 2013 fueron matriculados 16.715 vehículos de este tipo, siendo la provincia de Barcelona, con un 16,3%, la provincia con un mayor número de ventas:

Tabla 1 Resumen de compras por ciudad. Fuente: Dirección General de Tráfico

PROVINCIA	PORCENTAJE
Barcelona	16.3%
Madrid	8.3%
Balears, Illes	7.0%
Cádiz	6.7%
Valencia/València	5.7%
Málaga	5.6%
Alicante/Alacant	5.0%
Sevilla	4.5%
Murcia	3.9%
Granada	2.7%
Girona	2.5%
Córdoba	2.2%
Tarragona	1.7%
Almería	1.7%
Bizkaia	1.7%
Santa Cruz de Tenerife	1.6%

Y las marcas de este tipo de vehículos con mayor auge fueron:

Tabla 2 Resumen de compras por marcas. Fuente: Dirección General de tráfico

MARCAS	TOTAL
PIAGGIO	4756
YAMAHA	2244
PEUGEOT	1787
KYMCO	1460
DERBI	858
S.Y.M	595
KEEWAY	502
RIEJU	440
APRILIA	365
AIXAM	354
HONDA	336
LIGIER	207
MINAUTO	201
RIDE	178
MICROCAR	162
BETA	150
VESPA	131
DAELIM	122
GILERA	113

Tras el año 2013, el DGT reorganizó las tipificaciones para los montajes de estadísticas y ahora el ciclomotor está incluido como otros vehículos.

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Para este trabajo se ha establecido un objetivo principal y unos particulares que permitan desglosar de manera adecuada lo que se quiere de este proyecto.

El objetivo principal es la identificación de la adecuada línea de ensamble de un ciclomotor bajo condiciones de calidad y tiempos.

Por otro lado, se tienen como objetivos particulares los siguientes:

1. Identificar el impacto del Knocked-Down dentro de la línea de ensamble
2. Definir las herramientas TIC necesarias para automatizar la industrialización del ciclomotor
3. Establecer el mejor layout que optimice la producción del ciclomotor
4. Proponer medios de movilidad sostenibles que demuestren que son medios aptos para el medio ambiente.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Al finalizar el trabajo se deberá poder ofrecer una alternativa que ofrezca los mejores resultados en producción en línea de ciclomotores en estándares de calidad acordes a las necesidades los clientes del siglo XXI. Será entonces necesario incluir diagramas, planos y posibles costes de los *layouts*, entendiendo que debe indagarse sobre los antecedentes propios del problema y lo que las tecnologías actuales han ofrecido, para así afrontar el proceso de diseño con unas herramientas que permita considerar múltiples elementos que provean aportes a la propuesta. Se estima contemplar varias alternativas que permitan ser comparativas y obtener los beneficios de cada una de estas.

En la actualidad, la disponibilidad de información sobre el diseño y detalles de los modelos que refieren a propulsión eléctrica es muy limitada, pudiera creerse que los investigadores son muy celosos con sus análisis y es difícil generar métodos de seguimiento tecnológico al margen de los avances. Las empresas involucradas protegen arduamente sus investigaciones. A nivel mundial también se tiene furor en los estudios de la movilidad eléctrica, sin embargo, tratándose de otro alcance, de esto se halla más datos.

Es por lo tanto indispensable la selección de los diseños, los materiales y procesos de fabricación que permitan dar una solución integral donde se aporten conocimientos aprendidos a lo largo de la formación universitaria. También se presentará el contenido de los requisitos, exigencias y condiciones generales para la realización de la propuesta formulada.

1.4 METODOLOGÍA UTILIZADA

Para la elaboración del siguiente proyecto se ha de utilizar una metodología con diferentes etapas que permitirán dar cobertura y tener conclusiones acertadas. Lo anterior será así:

1.4.1 Investigación

Es imprescindible que se realice la verificación de la información documental que alrededor del tema se haya levantado que, aunque se conoce es limitada, será útil para dar

estructura a la propuesta.

- **Planteamiento del problema:** en esta etapa y desde el punto de vista de la metodología científica, ésta es la base del proyecto ya que es aquí donde se buscará identificar el layout que permita demostrar un proceso de fabricación y mantenimiento eficiente de ciclomotor, minimizando los riesgos de operación. De acuerdo con esto, en esta primera parte se incluirá información de distribución de planta y métodos para posteriormente ir las analizando e identificar la solución general.
- **Análisis de antecedentes:** prácticamente se estará desglosando la evolución de la bicicleta básica y de los motores, su tipos y funcionalidades. Las diferentes distribuciones de planta y el sonado Knocked-Down y el aporte que puede tenerse en la industrialización del ciclomotor. Es importante entender los beneficios en temas de movilidad y medio ambiente de este tipo de elementos.

1.4.2 Análisis y evaluación

La base con la que se elabora el análisis es buscar dar el mayor valor agregado a un producto final que beneficie no solo a un cliente, a un productor sino a una sociedad entera. Es por ello por lo que se realizará la revisión de alternativas que permitan obtener el debido resultado y, basado en ellos, habrán de hacerse los diseños y cálculos en un capítulo separado.

- **Tipificación de la solución:** se dará siempre y cuando la problemática planteada abarque o de alcance a otras posibilidades no contempladas.
- **Alternativas de mejora:** el abanico de herramientas podría ser amplia y se estudiará el análisis de rendimiento de las diferentes partes para alcanzar un todo global.
- **Simulación de fallos del sistema:** Se trabajará con el sistema EDIncontrol con el propósito, de modelar la línea de producción, para visualizar y analizar su comportamiento con el propósito de optimizarla. A partir de este modelo óptimo, se analizará el impacto de las fallas que puede presentar en la vida real, tales como

fallos en la maquinaria o equipo, problemas de los materiales a ensamblar, o defectos de calidad, entre otros, que pueden afectar la línea de producción. De esta manera el modelo final presentará flexibilidad suficiente ante posibles contingencias, evitando así que el modelo presentado no sea tan solo un ejercicio teórico, sino que tenga aplicación práctica.

1.4.3 Diseño

Esto corresponderá a un capítulo aparte en donde prácticamente se dedique a la distribución de los *layouts* de la planta, que usualmente comprende seis etapas básicas que buscan diseñar una solución aceptable en un problema de distribución en planta.

- **Diseño general (o genérico):** creado a partir de la alternativa a seleccionar adaptada a las condiciones propias del ciclomotor.
- **Diseño específico:** es donde se tendrán en cuenta las partes y materiales necesarios para el proceso de producción.
- **Diseño logístico:** donde se contemplarán los tiempos y distribución de elementos en la planta para su transporte a cada línea de ser necesario.

1.5 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.5.1 Breve historia de la bicicleta

Toda esta aventura de la bici, como muchos la llaman, se inicia en 1817 considerada un vehículo de dos ruedas del mismo tamaño y dispuesto en línea. Su diseño básico ha cambiado desde entonces.

La historia señala que fue el barón alemán Carl Drais el que la inventó de forma rudimentaria, tendiendo incluso que ir apoyándose e impulsándose con los pies sobre el suelo. Posteriormente, en 1839, un herrero escocés llamado Kirkpatrick Macmillan elaboró una bicicleta con pedales y dos ruedas, pero sin correa de transmisión.

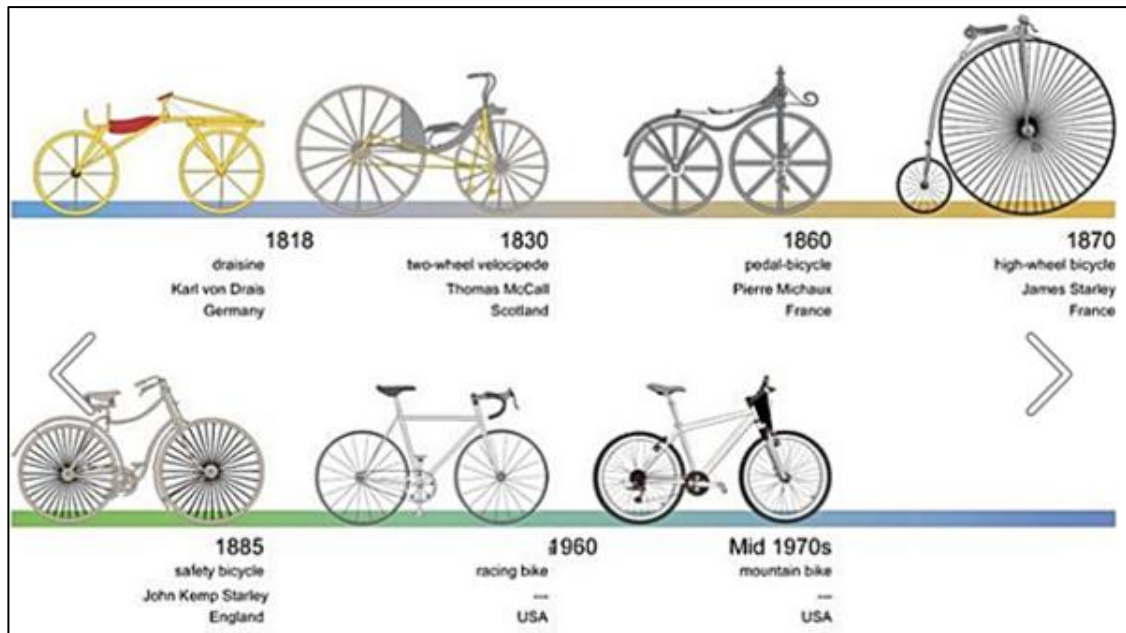


Figura No. 1 Evolución de la bicicleta. Fuente Commons

En 1861, Ernest Michaux, la mejora haciendo que los pedales fueran en la rueda delantera. Éste invento francés no logra triunfar porque se necesitaba de un excesivo equilibrio para manejarla. Sin embargo, abrió la puerta para que las adecuaciones futuras fueran de acuerdo a la bicicleta que hoy se conoce.

Ésta siempre ha sido un medio de transporte barato y viable para cualquier persona, además también tiene la ventaja adicional de que sus arreglos requieren de poco conocimiento en mecánica. Los países escandinavos, pese a ser una zona fría y tener una meteorología más bien adversa, han sido lugares donde tradicionalmente se ha incentivado y defendido el uso de transportarse en este medio. En Europa sobre todo del norte, como, por ejemplo, Alemania y Suiza, los Países Bajos y uno que otro lugar de Polonia nunca ha dejado de usarse.



Figura No. 2 Safety Bicycle de 1885. Fuente Bicihome

1.5.2 Breve historia del ciclomotor

Los precedentes a las motocicletas sin duda alguna fueron los ciclomotores que tenían motor y pedales que al pasar el tiempo fueron desapareciendo. Los primeros ciclomotores se encuentran a inicios del siglo XX, existiendo varios prototipos desde finales de la década de 1880. En el idioma inglés, para otorgarle un nombre, combinaron las palabras motor y pedal dando lugar a la palabra “moped”³.

Curiosamente los ciclomotores tenían pedales, pero no se usaban constantemente como en una bicicleta, sino que eran la alternativa de uso en caso de emergencia, tanto para arrancar como para avanzar en caso de que en el motor presentara algún daño en cualquier momento. Evidentemente, cada dispositivo, a medida que pasaba el tiempo, tenía mejoras, volviéndose más eficientes y a veces más grandes.

Eran de fácil acceso pues no eran costosas para la época y eran motores de pequeño cilindraje 50cc siendo los más osados de 98cc.

³ Un ciclomotor (/ mooped / MOH-ped) es una motocicleta pequeña, generalmente con requisitos de licencia menos estrictos que las motocicletas o los automóviles, ya que los ciclomotores generalmente viajan aproximadamente a la misma velocidad que las bicicletas en las vías públicas.



Figura No. 3 Ciclomotor en el año 1912. Fuente Peugeot

1.5.3 Evolución del ciclomotor

En cuanto a sus motores, nada ha cambiado, normalmente eran y siguen siendo impulsados por motores de 2 tiempos, aunque grandes marcas de la época se arriesgaron con prototipos de 4 tiempos como por ejemplo: Ducati, Honda, Indian, Suzuki, y Motom no fueron las del resultado esperado.

Como en todo proceso evolutivo, los primeros ciclomotores eran muy básicos pero el tiempo provee las mejoras, véase gráficamente una pequeña evolución:

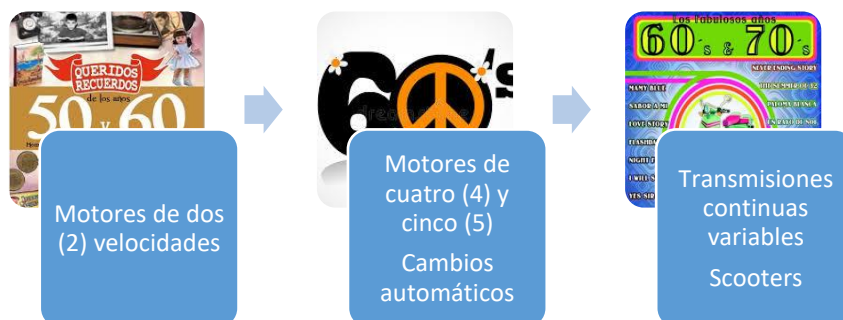


Figura No. 4 Evolución ciclomotores



Figura No. 5 Modelo Wards Riverside 150-D. Fuente Demotos

Se podría decir que fue la década de los 70 cuando los grandes fabricantes inundaron con cientos de estilos y modelos el mercado vendiendo millones de unidades por todo el mundo y lo único que los hacía común era los 50cc del motor. Las estadísticas indican que para el año 1975 estaban cerca de los 125 modelos diferentes exhibidos en las tiendas especializadas en Estados Unidos.

La recesión que golpeó la economía del mundo hacia la década de los 80 hizo que su auge se detuviera dramáticamente, y muchos fabricantes de motos y de *scooters* se declararon en bancarrota. Aunque el negocio volvió a recuperar su posición, fabricando más de 12 millones de unidades en 1997, incluso a pesar de que apareciese la obligatoriedad de vincular el vehículo con un seguro, lo que muchos pesaron sería el final de los ciclomotores.

1.5.4 Diferencias entre un ciclomotor y un scooter

Las principales diferencias que se destacan entre un ciclomotor y un *scooter* son las leyes que los rigen y su estructura. Ahora bien, es elemental tener claro que el tamaño del motor y la capacidad de potencia entre uno y otro es notorio. La cilindrada de un ciclomotor es menor a 50cc, claramente cuando surge el *scooter* uno de sus atractivos es que ésta es mayor.

Se enumeran otros ítems a diferenciar:

1. Tamaño
2. Restricciones de seguridad.
3. Licencias
4. Pedales.
5. Restricciones de circulación
6. Edades para conducirlos

La legislación es variable de acuerdo con la región en donde se encuentre, sin embargo, generalmente, las grandes urbes permiten tener un pasajero en ciclomotores. Y para ninguno de los casos, es decir el ciclomotor y el *scooter* exigen de responsabilidad en el uso obligatorio de los cascos, tanto para el conductor como el acompañante.

1.5.5 Movilidad sostenible

Desde hace unas décadas, la preocupación por los problemas medioambientales y sociales ha crecido sustancialmente y se han buscado medios de transportes mucho más eficientes y sostenibles que el tradicional coche particular.



Figura No. 6 Problemas de movilidad

Es importante abarcar varios objetivos que concluyan las políticas para potenciar una movilidad sostenible:

- Modelar estrategias eficientes de transportes acordes a las necesidades de la población.
- Perfeccionar la incorporación social de los ciudadanos que aporten a la accesibilidad más universal.
- Intensificar la calidad de vida de los ciudadanos.
- Evitar la exposición de las condiciones de salud de las personas.
- Contribuir de manera asertiva a la seguridad en los desplazamientos.

1.6 CICLOMOTOR DEL PROYECTO

1.6.1 Especificaciones del producto



Figura No. 7 Ciclomotor

El modelo DGW(TDX 18Z) es un ciclomotor que cuenta con:

- Un motor CD sin escobillas de 1500 watios.
- Batería de litio-ferrofosfato 60V20AH – Batería de plomo y ácido
- Cargador 110V/220V 50~60HZ
- Tiempo de carga 6-8 horas
- Frenos de disco en ambas ruedas
- Neumáticos 3,5-10
- Capacidad de peso 200 Kg
- Velocidad máxima 50 Km/h
- Dimensión empaque: 1880x570x1050mm
- Cantidad por contenedor: 24 / TEU
- Distancia por carga: 50 Km por carga llena
- Valor de venta 1.000€
- Certificación EEC

1.6.2 Sistema de propulsión

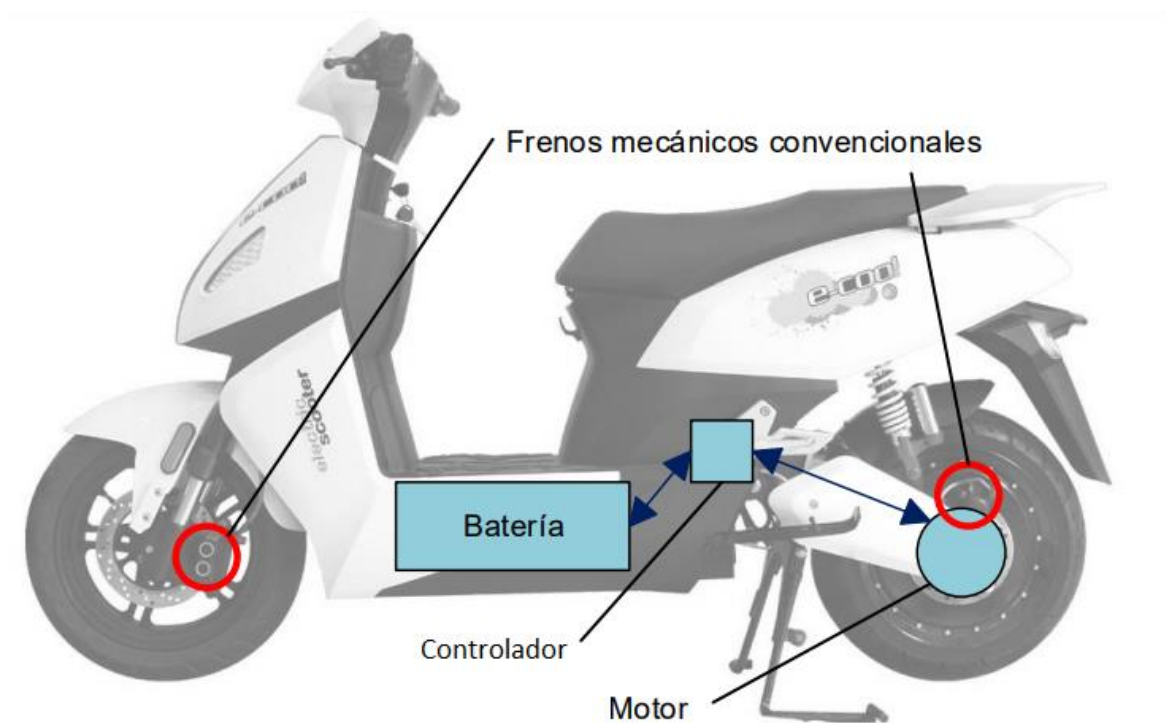


Figura No. 8 Sistema de propulsión

La fuente de energía del ciclomotor eléctrico es la batería. Es la encargada de alimentar el motor, así como todos los demás sistemas electrónicos del vehículo, como son: el sistema de control, la pantalla de mando, los sistemas de iluminación, así como cualquier otro equipo que opere con energía eléctrica. Los materiales utilizados en las baterías en este caso pueden ser en plomo-ácido y litio-fosfato de hierro.

La batería de litio-ferrofosfato es una batería de ion-litio (ver anexo 2) con un cátodo de fosfato de hierro-litio que utiliza FePO_4 . Estos dispositivos han sido diseñados para almacenamiento de energía eléctrica, empleando como electrolito una sal de litio. Las baterías de litio-ferrofosfato son más estables, duraderas (por contar con una resistencia interna muy baja) y seguras. Además, presentan gran fiabilidad y evitar riesgos por combustión. Es por ello que se han implementado estrategias para mejorar su funcionamiento, como reducir el tamaño de las partículas del compuesto para facilitar el trasiego de los iones. Durante su vida útil, no requiere mantenimiento, conservando su poder hasta que se agotan. Como punto adicional son ecológicas, ya que no contienen metales

tóxicos, cargan rápidamente y pueden alcanzar ciclos de carga-descarga que pueden alcanzar 2.000/3.000 ciclos. En cuanto a la tolerancia a la sobrecarga es similar a una batería de plomo-ácido.

A continuación, aparece el controlador, que es el componente encargado de transformar la tensión continua que genera la batería en tensión alterna trifásica que es la requerida por el motor.

El motor transforma la energía eléctrica en energía mecánica, generando el movimiento del vehículo. En el caso de este tipo de ciclomotor, se utiliza un motor de 1500 watios.

Finalmente, las ruedas son las encargadas de transmitir gran parte de los esfuerzos, principalmente el par motor.

En las siguientes figuras se puede entender mejor el funcionamiento descrito.

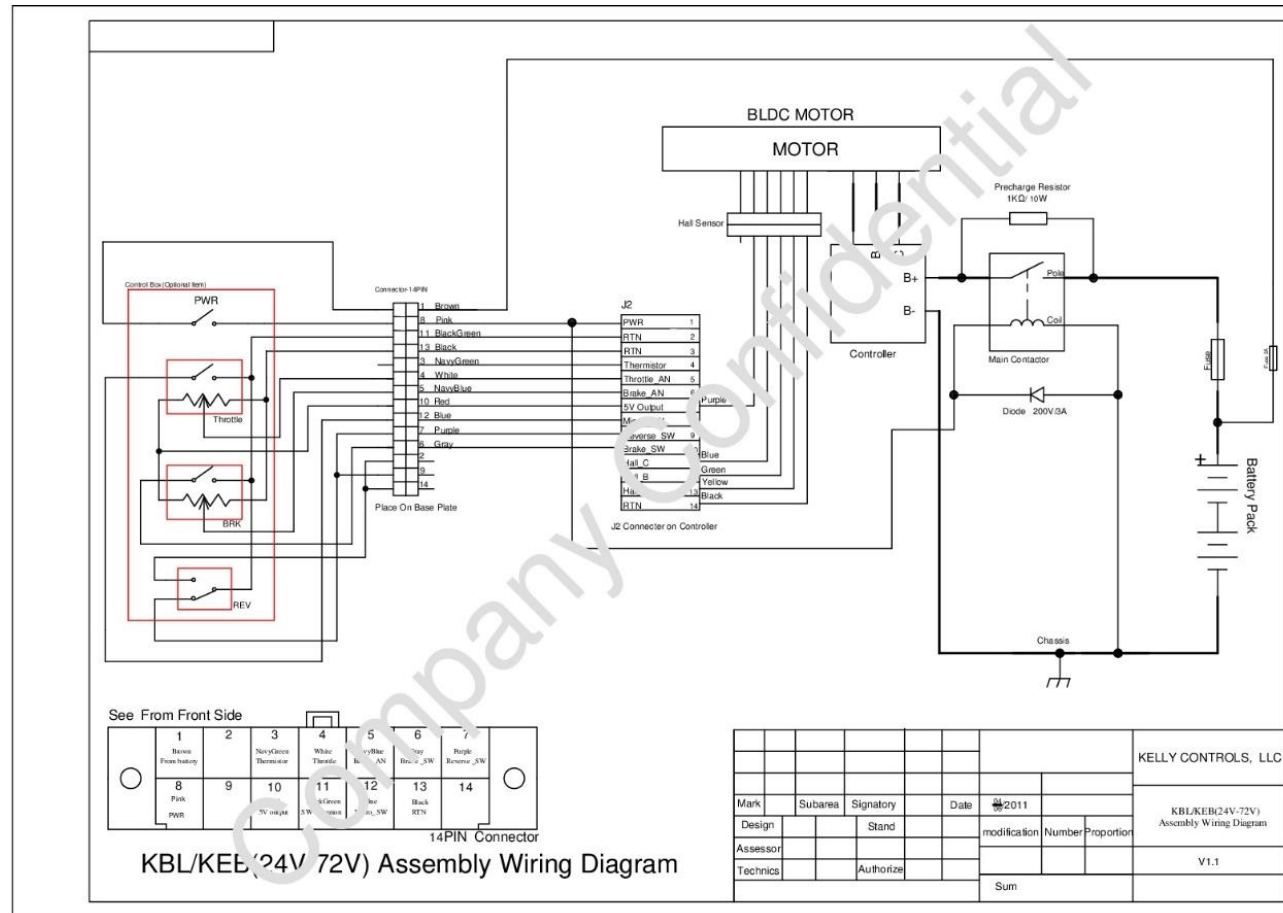
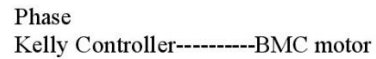


Figura No. 9 Diagrama eléctrico de propulsión
Fuente: Kelly Controls LLC

En la Figura No. 9 Diagrama , se observan los principales elementos así: En el lado derecho se encuentra la Batería con sus protecciones, que es activada mediante el sistema de encendido a través de un contactor para activar o inactivar el sistema eléctrico. De esta manera se abre el sistema eléctrico para alimentar el motor, previo paso por el regulador de corriente y desde ahí se reparte todo el cableado para alimentar los elementos eléctricos como son, los controles de aceleración, frenos, reversa, que se encuentran en el tablero de control.



									KELLY CONTROLS, LLC
Mark		Subarea	Signatory		Date	04/2009			J2 Cable for BMC motor
Design			Stand		modification	Number	Proportion		
Assessor									
Technics			Authorize						
					Sum				

Fuente: Kelly Controls LLC

En la Figura No. 10 Diagrama , Se puede observar en detalle como a partir del conector macho que proviene del motor se separa el cableado en tres ramales, uno para el encendido, otro para el sistema de aceleración (conector hembra) y uno para el control de frenos y sistema de reversa (conector macho).



18

1.6.3 Componentes constructivos

A continuación, se presentan los diversos elementos que componen el ciclomotor con las principales imágenes que muestran su composición:

Frame		Side Support	
Rear Bottom Fork		Rear Rack	
Front Fork		Handhold Handle	
Main Support		Handlebar	

Figura No. 12 Partes de la estructura

- La estructura del ciclomotor está conformada por una serie de partes en acero, que básicamente están conformadas por un marco, las horquillas delanteras y traseras, los elementos de soporte, incluyendo portabultos y manillar.

Front Suspension		Front Wheel	
Rear Suspension		Front Wheel Axle	
Front Fork Sets		Front disc brake and disc plate	
Safety disc of rear axle		Lock Sheet Cable	
Tire		Bottom fork axle	

Figura No. 13 Partes de ruedas

- Ruedas: compuesto por las llantas neumáticos y sistema de frenos y suspensión tanto delanteros como traseros.



Brake Lever		Controller	
Left Switch		Air Switch	
Right Switch		Connecting Line of Charging Hole	
Horn		Motor and rear disc brake	
Flasher		Charger	
LiFePO4 Battery		Connecting Line of Battery	
Lead-acid battery		Charging Line of Battery Holder	
Converter		Throttle set	
Lock Set (Three Locks)		Handle	
Meter		Turning Light	
Main Cable		Tail light and light base	
Headlight			

Figura No. 14 Eléctricos, iluminación y controles

- Sistema eléctrico, controles y seguridad: es el sistema nervioso del ciclomotor, incluye iluminación, controles de manillar y tablero de mando.



















Left Lateral Plate		Front Penal	
Right Lateral Plate		Up Feet Protection Board	
Foreside of Front Fender		Rear Decoration	
Rearward of Front Fender		Decoration A	
Fender of Bottom Fork		Decoration B	
Left Strake		Decoration C	
Right Strake		Decoration D	
VIN Number Cap		Decoration E	
Pedal Plate			
Down Feet Protection Board			

Figura No. 15 Partes de cubiertas y decorativas

- Chapas de protección y decorativas: corresponde a los diferentes elementos de carácter estético y funcional desde el punto de vista del aerodinamismo que cubren

la estructura, le dan la apariencia externa al ciclomotor y permiten el soporte del conductor.

Rear Mirror		Screw of main support	
Rear footrest		Screw of side support	
Speed Counter		Spring of main support	
Handlebar HOUSING ASSY		Side Support Spring	
Handlebar Casting		Hanger	
Battery Treadle Bar		Front Brake Cable	
Rockers		Rear Brake Cable	

Figura No. 16 Otras partes

- Otros: los demás elementos que permiten el ensamble y funcionamiento total del ciclomotor. Su origen es variado incluyendo parte de direccionado, freno, amortiguación, etc.

1.6.4 Proceso De Fabricación

El proyecto planteado realiza solamente procesos de ensamble; al ser, por su concepción, una planta de *Knocked down* no hay procesos de fabricación, solamente integración de partes que llegan solo para su incorporación paso a paso en una línea de producción. En el apartado 2.1 se detalla más el concepto.

Se plantean 11 estaciones, a partir del posicionamiento del chasis que es el esqueleto del ciclomotor, donde dependiendo de los tiempos de operación y la secuencia de armado se van definiendo las estaciones y los elementos que cada una de ellas requiere.

2. INTRODUCCION Y NECESIDAD DE PRODUCCION BAJO UN SISTEMA KNOCK DOWN.

2.1 EL KNOCKED- DOWN

Knock Down (KD), en inglés, o Kit para ensamblaje/Kit de montaje, en español, es un sistema logístico mediante el cual se consolidan en un almacén todas las piezas necesarias para armar un aparato funcional.

El término tiene su origen en la industria automotriz y se refiere a una forma de producción de vehículos. El fabricante de automóviles exporta un vehículo no ensamblado en forma de piezas individuales que se ensamblan en un vehículo terminado en el país de importación respectivo y se venden allí. De esta manera, el sistema KD, facilita que el desarrollo de un producto sea desarrollado en un sitio y ensamblado en otro (puede llegar a ser incluso diferentes países) de manera que suponga un nivel bajo de inversión⁴.

Existen diferentes tipos de sistemas KD⁵, como se muestra a continuación:

SKD - Semi Knocked Down: el fabricante envía al sitio de ensamblaje un kit que contiene el cuerpo del vehículo para que se complete su montaje con la incorporación de elementos fundamentales como el motor, el cambio de marchas, la transmisión, luces, tapicerías, y otros componentes que se hayan fabricado de forma local.

MKD - Medium Knocked Down: se refiere al envío de carrocerías que no han sido completadas, pero que pueden estar equipadas con componentes pre-ensamblados. Dicho envío se destina a factorías donde la producción de los vehículos no se ha iniciado todavía.

CKD - Completely Knocked Down: mediante este sistema logístico se reúnen en un mismo almacén todas las piezas que se requieren para el ensamblaje de un vehículo, posteriormente, siguiendo los programas de producción, se envían a diferentes factorías donde, mediante una cadena de montaje, se ensamblan las piezas.

⁴ Cuatrecasas, Ll. Organización de la producción y dirección de operaciones, 2012

⁵ <https://revistadelogistica.com/almacenamiento/sistemas-de-embalajes-para-automocion-claves-para-una-logistica-perfecta/>



Figura No. 17 Tipos de Knocked Down. Fuente: Elaboración propia en Riberio 2011

Tabla 3 Características tipos Knocked Down. Fuente: Elaboración propia

SKD Semi Knocked Down	MKD Medium Knocked Down	CKD Completely Knocked Down
<p>Carrocerías completas</p> <p>Dividido en módulos</p> <p>Mano de obra más especializada</p> <p>Motor y otras partes del chasis separados</p>	<p>Carrocerías no acabadas</p> <p>Conjuntos de piezas agrupados por carrocería</p>	<p>Completamente desmontado</p> <p>Productos enviados en lotes constantes</p> <p>Lotes contienen número exacto de piezas</p>

2.2 BENEFICIOS DEL KNOCKED DOWN⁶

- Disminución del costo productivo y logístico de la empresa ensambladora.
- Permite el lanzamiento simultaneo de nuevos productos.
- Menor tiempo de producción y lanzamiento de producto.
- Puede ser utilizado como un factor estratégico para la expansión de empresas en otros países.

Los productos parcialmente desmantelados o completamente desarmados, a menudo, tienen aranceles considerablemente más bajos, disminuyendo los costos de producción y favoreciendo el desarrollo de ensambladoras locales⁷.

2.3 PRODUCCIÓN GLOBAL BAJO EL MODELO KNOCKED DOWN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

El modelo Knocked Down se inició y se desarrolló en la industria automotriz en 1919. El exceso de producción y la consolidación de la Ford Motor Company como la empresa líder en el mercado automotriz en los Estados Unidos, la llevó a explorar nuevos mercados y, de esta manera, internacionalizar sus ventas.

El primer obstáculo que Ford tuvo que enfrentar en este proceso fueron las restricciones que los gobiernos nacionales tenían al comercio internacional, principalmente a las importaciones. Debido a las enormes barreras arancelarias que se le presentaban a Ford para exportar sus vehículos terminados, y así acceder a los mercados de diferentes países, decidió abrir subsidiarias en los mismos, de ese modo, en lugar de exportar vehículos terminados, Ford exportaba partes y componentes dando origen al modelo CKD - Completely Knocked Down⁸.

En 1925, General Motors adopta el mismo esquema de ensamble y, en 1949, Volkswagen

⁶ Sardim, R. CDK e SKD. 2012

⁷ <https://logisticsmgpsupv.wordpress.com/2014/06/19/completely-knocked-down-what-does-it-mean-and-why-is-it-used/>

⁸ Morales, J. Evolución y cambios en los sistemas productivos: La Industria Automotriz Mexicana. 2001

produce su vehículo Fusca bajo el modelo SKD - Semi Knocked Down, logrando entre 1959 y 1979 un crecimiento del 20% en sus ventas⁹.

Entre 1925 y 1955, se presentó un auge en la creación de ensambladoras automotrices en países con mano de obra más barata, funcionando bajo el esquema CKD, convirtiendo a México en una potencia de ensamble de vehículos, en donde, durante este periodo de tiempo, iniciaron operaciones alrededor de 17 ensambladoras automotrices, dentro de las cuales se encontraban Ford y General Motors¹⁰.

Hoy en día, la mayoría de las empresas automotrices trabajan con el modelo Knocked Down, preferentemente bajo el esquema CKD y SKD. A continuación, se muestra algunas de las marcas y países donde son ensambladas bajo operación KD:

Tabla 4 Ensamble de vehículo modelo KD. Fuente: Elaboración propia

COMPañÍA	PAÍS ENSAMBLADOR	AÑO DE INICIO
Mahindra & Mahindra Limited	India	1947
Lotus Cars	Reino Unido	1950 - 1960
BMC - Mini	Malasia	1959
Renault	Bélgica	1961
Peugeot	Argentina	1967

2.4 PRODUCCION EN EUROPA DE CICLOMOTORES

El cambio en la normativa europea de emisiones (de Euro 3 a la más restrictiva Euro 4), que entró en vigor el 1 de enero de 2017, ha favorecido notablemente el mercado de los ciclomotores tanto en España como en Europa.

⁹ Sardim, R. CDK e SKD. 2012

¹⁰ Morales, J. Evolución y cambios en los sistemas productivos: La Industria Automotriz Mexicana. 2001

A nivel Europa:

Durante el 2016 se matricularon 256.510 ciclomotores, mientras que en 2017 se registraron 280.764 matriculas, presentando un incremento anual del 9.5% en unidades matriculadas.

Respecto al ranking de países y la cantidad de matrículas de ciclomotores, Francia es país con mayor número de unidades matriculadas durante el 2017 (73.646). España se sitúa en el séptimo lugar con 15.604 unidades, reportando un crecimiento del 21.9% respecto a las matrículas del 2016.

Tabla 5 Matricula de ciclomotores en Europa 2016 – 2017. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas

MES	Uds 2017	Uds 2016	Variación
Enero	15.257	14.994	1,8%
Febrero	17.757	18.503	-4,0%
Marzo	29.878	25.393	17,7%
Abril	37.027	30.087	23,1%
Mayo	37.238	31.520	18,1%
Junio	41.789	36.645	14,0%
Julio	40.355	36.449	10,7%
Agosto	32.447	30.413	6,7%
Septiembre	29.016	32.506	-10,7%
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
TOTAL	280.764	256.510	9,5%

A continuación, se puede observar el número de ciclomotores matriculados por país europeo y su respectivo crecimiento en el periodo enero/septiembre 2016 – 2017:

Tabla 6 Matricula de ciclomotores por país en Europa enero/septiembre 2016 – 2017. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas

Ranking	Enero - Septiembre			
	País	Uds 2017	Ranking	Uds 2016 % s/ 2016
	Francia	73.646	1º	68.678 7,2%
	Holanda	58.672	2º	55.378 5,9%
	Alemania	22.742	3º	25.051 -9,2%
	Polonia	20.550	4º	21.432 -4,1%
	Italia	19.823	5º	19.880 -0,3%
	Eslovenia	17.941	6º	2.279 687,2%
	España	15.604	7º	12.798 21,9%
	Bélgica	13.232	8º	8.492 55,8%
	Austria	13.031	9º	12.366 5,4%
	Dinamarca	5.526	10º	4.504 22,7%
	Reino Unido	5.283	11º	6.600 -20,0%
	Finlandia	5.121	12º	4.620 10,8%
	Portugal	2.289	13º	2.075 10,3%
	Grecia	2.052	14º	5.745 -64,3%
	Croacia	1.418	15º	1.694 -16,3%
	Rep. Checa	887	16º	921 -3,7%
	Letonia	829	17º	862 -3,8%
	Estonia	534	18º	566 -5,7%
	Lituania	466	19º	677 -31,2%
	Luxemburgo	445	20º	806 -44,8%

Si bien, en aproximadamente la mitad de los países se presentó una reducción de matrículas entre los meses de enero y septiembre de los años 2016 y 2017, se evidencia también la concentración de matrículas en países con mayor densidad poblacional. En este sentido, España es el cuarto país con mayor crecimiento de ciclomotores en el periodo mencionado y según ANESDOR (Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas), la perspectiva para 2018 es de un crecimiento del 5,1% para el mercado de las dos ruedas, debido a la recuperación económica que Europa ha presentado paulatinamente.

A nivel España:

Con información completa del periodo enero-diciembre de los años 2016 y 2017, el mercado de los ciclomotores en España presentó un crecimiento final del 31,9%, en 2016 se matricularon 17.230 unidades mientras que en 2017 se alcanzó una cantidad de 22.720 ciclomotores.

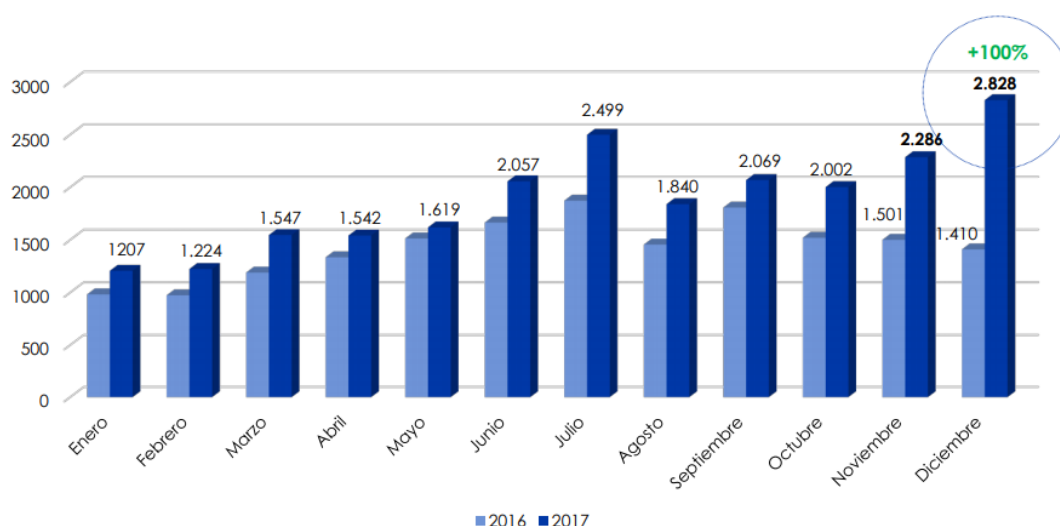


Figura No. 18 Evolución del mercado ciclomotor en España 2016- 2017. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas

Se puede observar como el crecimiento de matrículas en el mes de diciembre 2017 es del 100% respecto a diciembre de 2016, lo cual se fundamenta en la entrada en vigencia, en enero de 2018, de la norma Euro 4 de emisiones, como se mencionó anteriormente.

Respecto al tipo de demandantes de ciclomotores, las personas particulares son las que mayor peso tienen en los canales de demanda con el 66,2% de la demanda del 2017, el cual presentó un crecimiento del 12,5% respecto al año 2016.

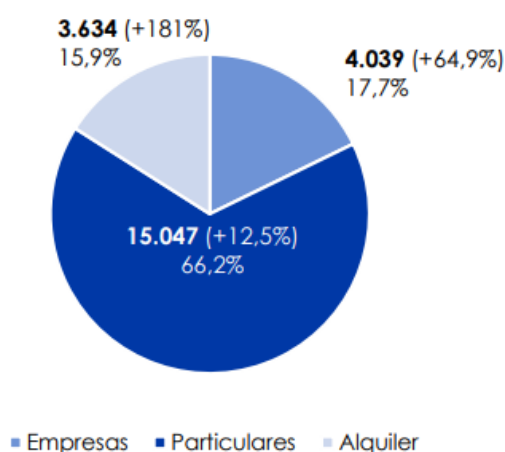


Figura No. 19 . Demanda de ciclomotores por canal. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas

Es evidente el gran aumento del canal de alquiler de ciclomotores como demandante de unidades, presentando un crecimiento de +181% entre 2016 y 2017, mientras que las

empresas reportaron un crecimiento del 64.9% en el mismo periodo.

Finalmente, la producción por marca muestra a Piaggio como la primera marca en el ranking, según el volumen de ventas enero–abril 2017. A continuación, se puede observar el ranking de las marcas de ciclomotores vendidas en España

Tabla 7 Ranking por marcas de ciclomotores – Unidades vendidas y % de cuota de mercado. Fuente: Asociación Nacional de Empresas del Sector Dos Ruedas

CICLOMOTORES 	Abril 2017		Ene. - abr. 2017	
	Unid.	Cuota	Unid.	Cuota
 PIAGGIO	293	19,0	1.025	18,6
 TORROT	246	15,9	325	5,9
PEUGEOT	201	13,0	875	15,8
 KYMCO	198	12,8	660	12,0
 YAMAHA	129	8,4	607	11,0
GOVECS	108	7,0	288	5,2
 KEEWAY MOTOR	67	4,3	256	4,6
DERBI	62	4,0	244	4,4
 SYM	51	3,3	394	7,1
 RIEJU	38	2,5	176	3,2
Otras marcas	150	9,7	671	12,2
TOTAL	1.543		5.521	

En conclusión, el mercado de los ciclomotores se muestra al alza y sigue esperando incrementos significativos de la demanda durante los próximos años, considerando que se viene presentando un mejoramiento de la economía de Europa y principalmente de España. Además, cada día será más restrictiva la normatividad sobre emisiones atmosféricas, lo cual favorece el rol de los ciclomotores dentro del sistema de movilidad español.

3. PROCESO PRODUCTIVO DEL CICLOMOTOR

El ciclomotor como medio de transporte perteneciente a la industria automotriz es susceptible de producirse bajo el modelo Knocked Down, considerando que éste ha sido adoptado y probado con éxito en la producción y ensamble de vehículos y hoy en día es el sistema de producción líder en esta industria, dado que: ha mejorado su capacidad productiva y operativa, permite mantener bajo control el costo, genera valor para la cadena, ya que promueve el desarrollo de empresas relacionadas que fabrican y proveen las partes a ensamblar, reduce los tiempos de producción y permite la creación de ensambladoras en las regiones de interés para la comercialización de los vehículos. Entonces, reafirmando que Knocked Down es el mejor método de industrialización de la producción del ciclomotor, y teniendo en cuenta el panorama positivo de demanda de este producto, el reto se traslada a la distribución y automatización de la planta de ensamble del ciclomotor de tal forma que ésta sea lo suficientemente productiva, segura y rentable (bajo los parámetros del modelo Knocked Down) para atender la demanda del mercado.

3.1 PROCESOS GENERALES KNOCKED DOWN

El proceso productivo estándar bajo método Knocked Down se compone de:

- **Aprovisionamiento de materiales:** Consiste en la negociación y adquisición de las partes a ensamblar (nacionales o extranjeras). Involucra procesos logísticos de aprovisionamiento local o de importación.
- **Almacenamiento de material KD:** Con la llegada de este material a la ensambladora, es necesario inventariar y controlar la cantidad de unidades disponibles para poder cumplir el plan de producción.
- **Alistamiento de piezas:** Las diferentes piezas a ensamblar en la línea tienen un proceso de registro y revisión, este proceso es realizado antes que las partes y accesorios lleguen a la línea de ensamble.
- **Alistamiento para pintura - Opcional:** Es posible que piezas del chasis o tanque

requieran el proceso de pintura (depende del acuerdo del ensamblador con el proveedor) el cual puede ser tercerizado: entrega de la pieza a proveedor de pintura local o realizarse de manera interna

- **Desempaque tornillería:** Los diferentes tornillos y piezas pequeñas que llegan a la ensambladora, son seleccionadas según la parte del ciclomotor al cual va asignado para ser dispuestos en la sección de la línea de ensamble que corresponda, para los casos de material KD la provisión de unidades incluye de excedentes dispuestos para atender imprevistos.
- **Desempaque material KD:** Las demás partes que hacen parte del lote de ensamble son también seleccionadas y separadas según la línea de ensamble.
- **Preensamble:** En esta sección se recibe un gran porcentaje de las partes que componen cada unidad y que requieren un armado previo para pasar a la línea de ensamble final, este proceso permite optimizar el tiempo y espacio dentro de la línea final.
- **Línea de ensamble:** Es el punto final en donde confluyen todas las partes desde desempaque y preensamble, se convierten en el producto final que es el ciclomotor ensamblado.
- **Recuperación de material no conforme:** Las partes y piezas que no cumplen con el estándar de calidad deben llevarse a este punto para que se le realice una revisión y se pueda decidir si pueden ser reparadas y reingresadas al proceso o si es devuelta al proveedor.
- **Pruebas finales:** Los ciclomotores que han cumplido con los parámetros de calidad en la línea de ensamble, pasan a un último paso antes de ser despachados. El producto es sometido a una serie de pruebas de funcionamiento individual y completo de cada uno de los sistemas.

3.2 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución en planta asume el orden física y racional de los componentes productivos buscando siempre el flujo óptimo para aumentar la producción a un costo eficiente y dando seguridad a los trabajadores. Esta distribución debe incluir tanto los espacios necesarios para el movimiento de material, el personal y el flujo del proceso como las áreas para el almacenamiento, y ubicación de la maquinaria.

La distribución de planta tiene tanto objetivos como principios¹¹:

Tabla 8 Objetivos y principios de la distribución en planta

OBJETIVOS	PRINCIPIOS
Integración eficiente de los componentes de distribución	Principio de la integración de conjunto: La mejor distribución es la que integra al hombre, materiales, maquinas, actividades auxiliares y cualquier otro factor, del modo más racional y que funcione como un único sistema
Movimiento de material y personas según mínimas distancias	Principio de la mínima distancia recorrida: A igualdad de parámetros, es siempre mejor la distribución que permite mover el material en la distancia más corta posible.
Flujo de trabajo ordenado y coordinado a través de la planta	Principio de la satisfacción y seguridad: Siempre será más efectiva la distribución que proporcione mayor seguridad y haga el trabajo más satisfactorio para los trabajadores.
Garantizar la ergonomía y seguridad de los trabajadores	Principio de la circulación o flujo de materiales: En igualdad de circunstancias, es mejor aquella distribución que tenga en

¹¹ https://previa.uclm.es/area/ing_rural/asignaturaproyectos/tema5.pdf

OBJETIVOS	PRINCIPIOS
	orden las áreas de trabajo de modo secuencial para que cada operación o proceso esté alineado con el mismo orden de la transformación de materiales
Flexibilidad de la planta para la reordenación de componentes	Principio del espacio cúbico: Se obtiene mayor economía utilizando todo el espacio disponible, tanto horizontal como vertical.
	Principio de la flexibilidad: La distribución de planta será siempre efectiva si puede ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

3.3 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

En general, existen cuatro tipos de distribución de planta, adaptados a la acción coordinada de personas, material y maquinaria:

- a. Por posición fija:** El producto a ensamblar no se desplaza en la planta, tiene una posición fija y por la maquinaria, herramientas, equipos y personas se llevan hacia él. Se emplea cuando el producto es de gran volumen, tamaño y/o peso, se producen pocas unidades al mismo tiempo. Se requiere poca especialización en el trabajo, pero alta habilidad en la tarea. Ejemplos de este tipo de distribución son: montajes de calderas en edificios, fabricación de barcos, aviones, etc.

Ventajas:

- Reduce el manejo de piezas grandes y aumenta el de piezas pequeñas.
- Necesita menos inspectores dado que entre más hábiles sean los trabajadores necesitan menos supervisión
- Permite efectuar cambios en el diseño y producción, es flexible.

- No requieren una distribución compleja y costosa.

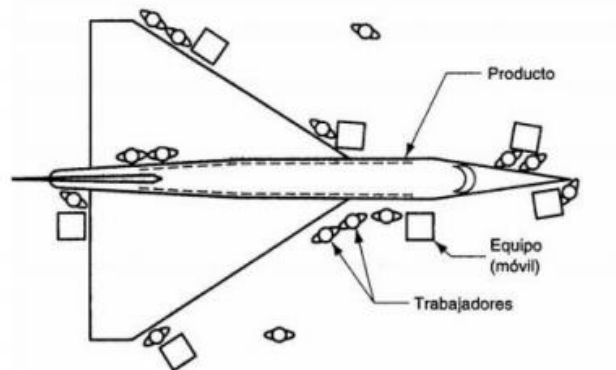


Figura No. 20 Ejemplo de distribución fija: construcción de avión

Desventajas:

- Flujo de proceso lento.
- Necesidad de equipos específicos de alto valor.
- La operación depende de cada una de las partes, si hay algún fallo mecánico o humano, se detiene la cadena completa.
- Los trabajos son muy monótonos.

- b. Por proceso:** en este tipo de distribución los subprocesos similares están agrupados. Se utiliza cuando se produce una gama de productos que requieren la misma maquinaria y su volumen es pequeño. También se utiliza cuando la maquinaria es costosa y no es portable. La principal dificultad es localizar los centros de trabajo para optimizar el flujo del proceso.

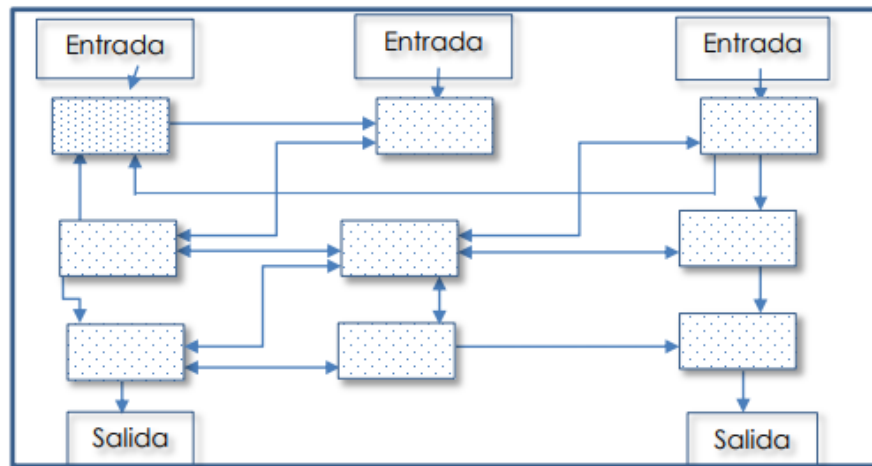


Figura No. 21 Distribución por proceso

Ventajas:

- Todos los productos pasan por las mismas máquinas por lo que la capacidad ociosa se reduce.
- El proceso es flexible. Se puede producir en cualquier máquina que esté disponible en ese momento.
- El proceso es adaptable a diferentes productos o que tengan variaciones no relevantes.
- Los operarios son multitarea dado que deben estar en capacidad de saber manejar cualquier máquina y ejecutar operaciones especiales.
- La parada de cualquier maquina no influye en la planificación, ya que la carga de trabajo de una de ellas se reparte entre la demás.

Desventajas:

- Fijar las rutas y programas de trabajo es más complejo
- Operaciones separadas implica recorrer mayores distancias, mayor manipulación de materiales y costos más elevados.

- Se fabrica en lotes grandes y aumentan los inventarios de proceso.
 - Requiere una mayor superficie.
 - El sistema de control de producción y calidad es más complicado.
- c. **Por producto o “producción en cadena”**: las máquinas, herramientas y equipos requeridos para producir un determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan según el proceso de fabricación. Se utilizan para productos de elevada demanda, constante, que permiten un suministro de materiales fácil y continuo y que están normalizado. En este tipo de distribución se debe tener presente el balanceo de las líneas de producción.

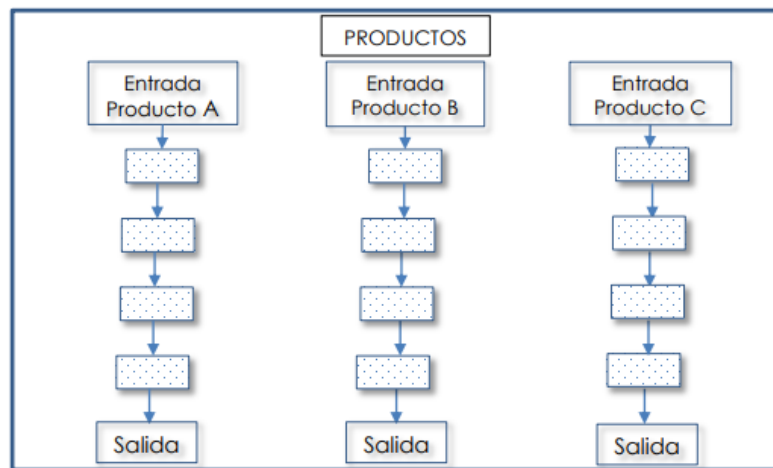


Figura No. 22 Distribución por producto

Ventajas:

- El proceso productivo se mueve siguiendo rutas definidas y directas, lo que disminuye los retrasos en la fabricación.
- Menor manipulación de materiales dado que las distancias son más cortas y los puestos son sucesivos y contiguos.
- Menor cantidad de inventario en proceso dado que hay poca acumulación de materiales en las diferentes operaciones.
- Mayor especialización de trabajo.

Desventajas:

- Elevada inversión en maquinaria, dado que las líneas de fabricación no son multi-producto
 - Menos flexibilidad del proceso, las tareas no pueden asignarse a otras máquinas similares.
 - Menor habilidad en los operarios. Solo efectúan la alimentación de las máquinas
 - El tiempo de producción se rige por la máquina más lenta (cuello de botella).
- d. Híbrida:** es una mezcla de la distribución por producto y por proceso, utiliza la eficiencia de producto y la flexibilidad de proceso, permite la producción de altos y bajos volúmenes en el mismo lugar. Existen dos tipos de diseños híbridos: las células un trabajador - múltiples máquinas y las células de tecnología de grupo; entendiendo por células el grupo de máquinas y personal que ejecutan una serie de operaciones sobre múltiples unidades de un producto o familia de producto.
- **Célula un trabajador - máquinas múltiples:** Un trabajador opera varias máquinas al mismo tiempo, para crear un flujo de línea. Las máquinas se ubican formando círculos o una “U” de tal manera que el trabajador tenga acceso y operación de todas las máquinas.

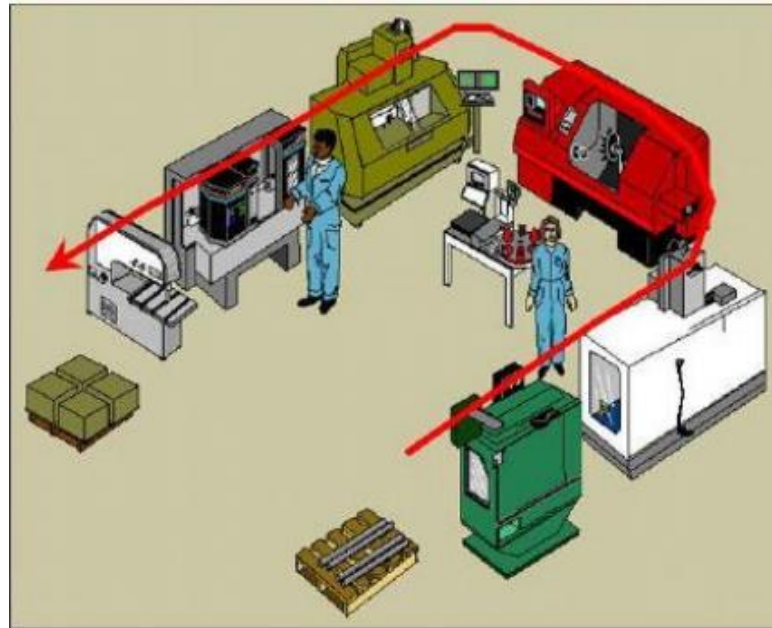


Figura No. 23 Célula U

Este esquema disminuye el volumen de inventario ya que los materiales pasan directo a la siguiente operación sin generar almacenamientos de producto en proceso

- **Tecnología de grupo:** se usa para producciones pequeñas pensando en una distribución por producto. Las células que no se limitan a un solo operario, los productos con características similares se agrupan junto con las máquinas utilizadas para su producción, buscando minimizar los cambios o ajustes para la preparación de las máquinas.

Posteriormente se distribuyen las máquinas que realizan los procesos básicos en sub-células separadas y luego el producto pasa a la línea final fabricación. Esto simplifica las rutas y reduce el tiempo de proceso y reduce los cuellos de botella.

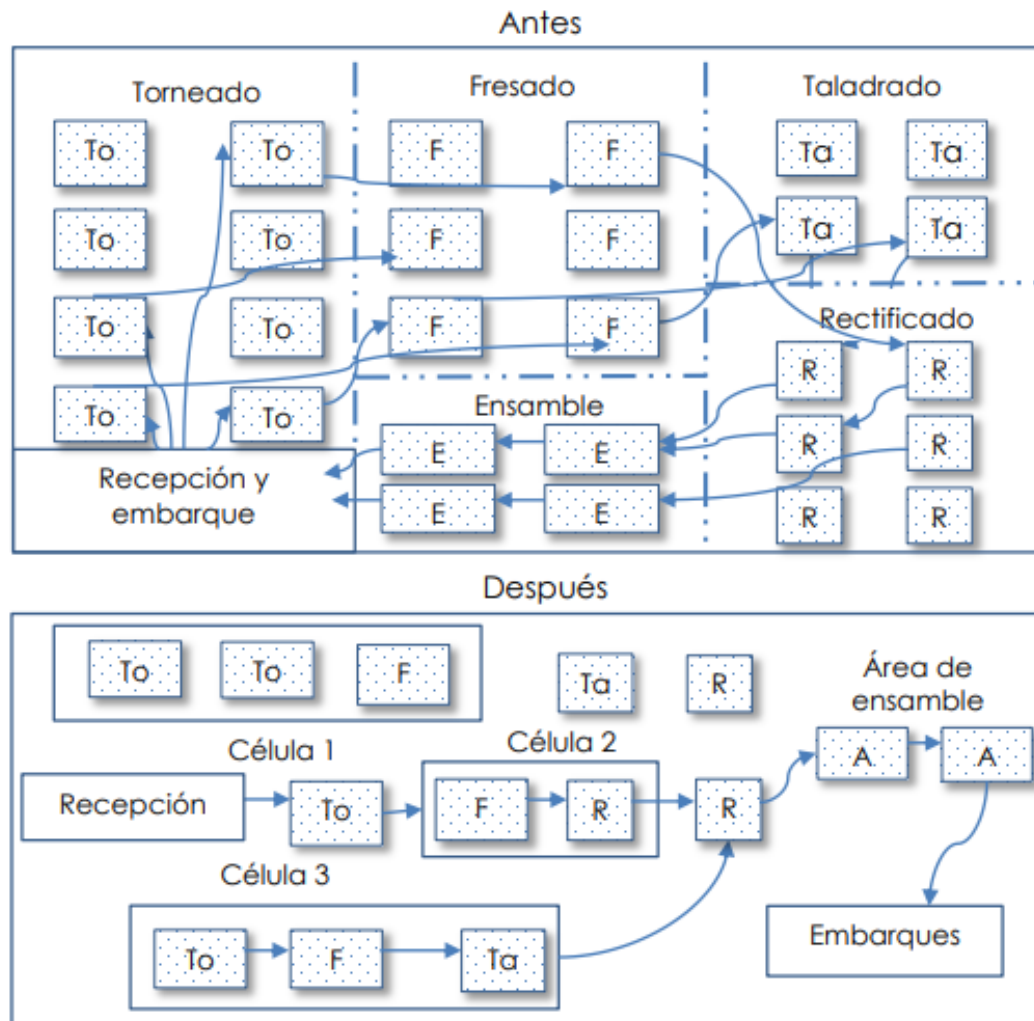


Figura No. 24 Distribución por tecnología de grupo

En resumen, las características de los tipos de distribución son¹²:

¹² Tomado de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/93/1/AguilarJaenAntonio%20MMANAV%202017.pdf>

Tabla 9 Resumen tipos de distribución de planta

Factor a valorar	Por producto	Por proceso	Posición fija	Híbrido
Producto	*Productos estándar *Altos volúmenes de producción *Demanda estable	*Varios productos con operaciones comunes *Volumen de producción variable Demanda variable	*Bajo pedido *Bajo volumen de producción	*Series pequeñas y medianas (lotes) *Flexibilidad
Líneas flujo de material	*Procesos Lineales *Secuencias Iguales para todos los productos	*Líneas entremezcladas retorcidas	*No definidas *Material estático	*Cortas y sencillas
Nivel de habilidad	*Rutinario y repetitivo *Especializado	*Intermedio	*Gran flexibilidad *Mucha habilidad	*No hace falta trabajadores
Necesidad de personal	*Gran Cantidad *Planificación de material-operarios *Trabajo de control y mantenimiento	*Personal de planificación, manejo de materiales, producción y control de inventarios	*Para programación y coordinación	*Prácticamente nula y solo supervisión.
Manejo de materiales	*Predecible *Flujo sistemático y automatizable.	*Flujo variable *Sistemas de manejo duplicados.	*Flujo variable *Equipos de manejo generales	*Síncrono, totalmente automático
Inventarios	*Mucha rotación de materiales, inventarios reducidos	*Demasiado trabajo en curso	*Variables, continuas modificaciones.	*Rotación de materiales e inventarios reducidos
Uso de espacios	*Eficiente	*Poco efectivo *Demasiado requerimiento por trabajo en curso	*Baja producción por unidad de espacio	*Muy efectiva
Inversión	*Elevada en equipos especializados	*Equipos y procesos flexibles	*Equipos y procesos móviles de propósito general	
Costo del producto	*Costos fijos elevados *Costos variable bajos (mano de obra y materiales)	*Costos fijos bajos *Costos variables elevados (material y transporte)	*Costos fijos bajos *Costos variables elevados (mano de obra y materiales)	*Costos fijos elevados *Costos variables bajos

3.4 LÍNEA DE ENSAMBLE

La línea de ensamble es la distribución del flujo de trabajo que integra equipos, procesos y materiales de una manera ordenada para lograr la fabricación del producto, responde a actividades de ensamble continuo en donde los materiales son unidos mediante herramientas y equipos en unidades compuestas sencillas para posteriormente ser parte de un producto de mayor complejidad

Tipos de línea de ensamble

e. Por tipo de producto:

- **Simple:** orientada a la producción de un solo tipo de producto
- **Mixta:** funciona para la producción de la producción de productos similares o variantes mínimas de productos que no alteran las operaciones de producción y no implica incremento de tiempos de proceso por cambio de modelo
- **Múltiple:** diseñada para la producción de diferentes productos, se tienen en cuenta las variaciones de tiempo de proceso sujeto al cambio de modelo de producto ensamblar.

a. Por duración de las tareas:

- **Determinísticas:** los tiempos de procesos son conocidos y estandarizados.
- **Estocásticas:** los tiempos de producción son probabilísticos dado que los procesos son variables.
- **Dependientes:** lo tiempos de los procesos depende de la secuencia de ensamble y en la efectividad de los operadores en las estaciones.

b. Por diseño de la línea:

- **Serial:** las estaciones son colocadas en serie, el eje de la línea es una banda transportadora y las tareas avanzan por esta misma, que conecta las diferentes estaciones.
- **Paralelo:** se ubican líneas en paralelo y generalmente manejan diferentes productos.
- **Estaciones en Paralelo:** Existen estaciones iguales ubicadas en paralelo que ejecutan

la misma tarea al mismo tiempo. Se utilizan cuando el tiempo de las tareas es mayor al tiempo del ciclo.

- ***De dos lados:*** son líneas que permiten el trabajo simultaneo por los dos lados del producto a ensamblar.
- ***Cerradas/circulares:*** las piezas se transportan por una banda que permite tomarlas, transformarlas y pasarlas al siguiente operario. La tarea final se ubica al lado de la primera tarea. Se utilizan cuando la línea tiene múltiple entradas y múltiples salidas de componentes.
- ***Con forma de U:*** se utilizan cuando existe flexibilidad en el sistema y se puede combinar tareas y estaciones.

c. Por flujo del material:

- ***Sincrónica:*** el tiempo de ciclo por estación es común y estandarizado. El material pasa de estación a estación y no se presentan cuellos de botella. No hay espacios de almacenamiento de material procesado entre estación y estación.
- ***Asincrónica:*** las velocidades de los procesos por estación son diferentes, se presenta almacenamiento de material procesado entre estación y estación, puede generar cuellos de botella.
- ***Alimentación:*** existe una línea principal que es alimentada por subensambles que se desarrollan en otras líneas.

d. Por tipo de operador:

- ***Manuales:*** se trabaja con personas, puede estar automatizada o no.
- ***Robotizadas:*** se trabaja con máquinas, es completamente automatizada y requiere

programación

- **Por entrada de piezas:**
 - **Fija:** se ingresan piezas de manera regular y en intervalos de tiempo similares.
 - **Variable:** las piezas ingresan en tiempos diferentes.

3.5 BOM

Lista de materiales o BoM (del inglés Bill of Materials): contiene los materiales que conforman un producto. Para conseguir un producto acabado se pueden utilizar componentes con su propia lista de materiales (semi-elaborados) o directamente materia prima (MMPP). Este hecho propicia la existencia de niveles y en consecuencia de jerarquías. Estos mismos niveles o jerarquía de las BoMs son los que utilizará la ERP. Así las BoM tienen una jerarquía donde, dependiendo de los componentes, pueden tener niveles de listas de materiales por debajo.

Los componentes de la lista de materiales son aquellos que se quieren contabilizar para la producción de uno o más artículos. Hay componentes que no se quieren incluir dentro de una BoM ya que no representan un coste a tener en cuenta o no se puede cuantificar de forma exacta o no se planifican mediante la ERP. Por otro lado, para la producción de materiales en grandes cantidades las listas de materiales son dimensionadas para 10 o 100 veces los valores de un solo artículo, es decir, no se hacen por cada artículo sino por agrupaciones como cajas, packs, etc.

Cabe mencionar también la posibilidad de crear materiales fantasmas con sus correspondientes BoMs. Esta situación se utiliza cuando varios materiales siempre se utilizan juntos y con la misma relación de cantidades. Entonces se agrupan bajo un solo material (que no existe físicamente) para simplificar la lista técnica del material con jerarquía superior.

Entre los beneficios de contar con un BoM están:

- Hace más efectivos los procesos de compra. Al contar con la totalidad de los elementos necesarios, es la materia prima base para el área de compras asegure la consecución de los elementos necesarios.
- El BoM es el recurso básico para el proceso de planificación de materiales que busca, entre otros, asegurar que se cuente con los materiales suficientes en el momento correcto.
- Permite realizar la planificación de recursos, no solo en materiales, sin también en tiempo y cantidad de personas requeridas para complementar el proceso.
- Toda mejora en la planificación se refleja en un menor costo, y así mismo permite costear los productos de manera más acertada

Como ejemplo de la lista de materiales se adjunta en el Anexo 1 los componentes del ciclomotor objeto de este trabajo.

3.6 DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS (PDM)

El diagrama de precedencias o PDM (del inglés *Precedence Diagramming Method*): es una herramienta que ayuda a la planificación de actividades de un proyecto, en donde mediante cajas (nodos) y flechas se define la cronología de las actividades y las actividades que son requeridas para la ejecución de otras. Esto permite visualizar el proceso de manera gráfica para entenderlo mejor y hacer la planificación de recursos de manera adecuada.

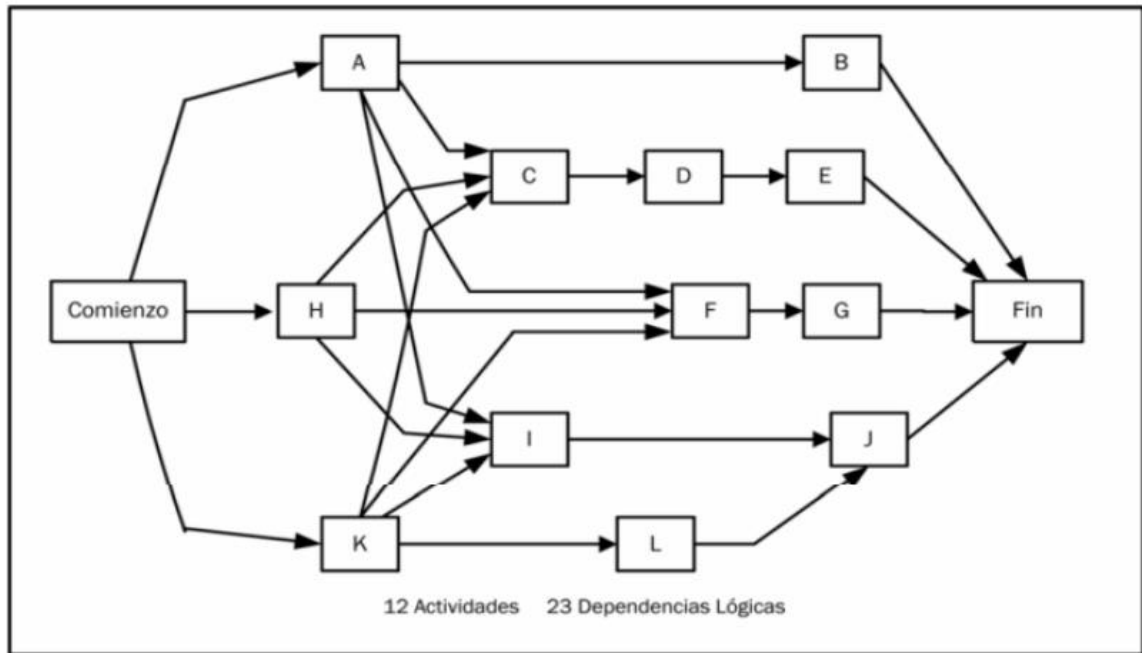


Figura No. 25 Diagrama de precedencias

En este sistema de diagramación, la relación de precedencia puede darse de cuatro maneras diferentes:

- **Final - Inicio:** La actividad posterior solo se puede iniciar al haberse concluido la actividad precedente.
- **Inicio - Inicio:** Para iniciar la actividad posterior, debe haber iniciado la actividad precedente (No es indispensable que haya concluido, solamente iniciado)
- **Final - Final:** Para poder concluir la actividad posterior debe haber concluido la actividad precedente.
- **Inicio -Final:** Para poder concluir la actividad posterior, debe haber iniciado la precedente.

La relación Final - Inicio es la más usual, mientras la Inicio – Final es raramente utilizada.

Este diagrama permite la realización de la planeación de actividades, analizando las actividades que pueden realizarse simultáneamente o no. Es la base para realizar la planificación de un proceso de producción, y el insumo para los procesos que lleven a la

optimización de la misma, como lo es el proceso de simulación.

En contraste, otro sistema de diagramación similar es el diagrama de flechas, donde se presenta el proceso con una metodología inversa, donde las líneas (flechas) son las actividades y los nodos las dependencias.

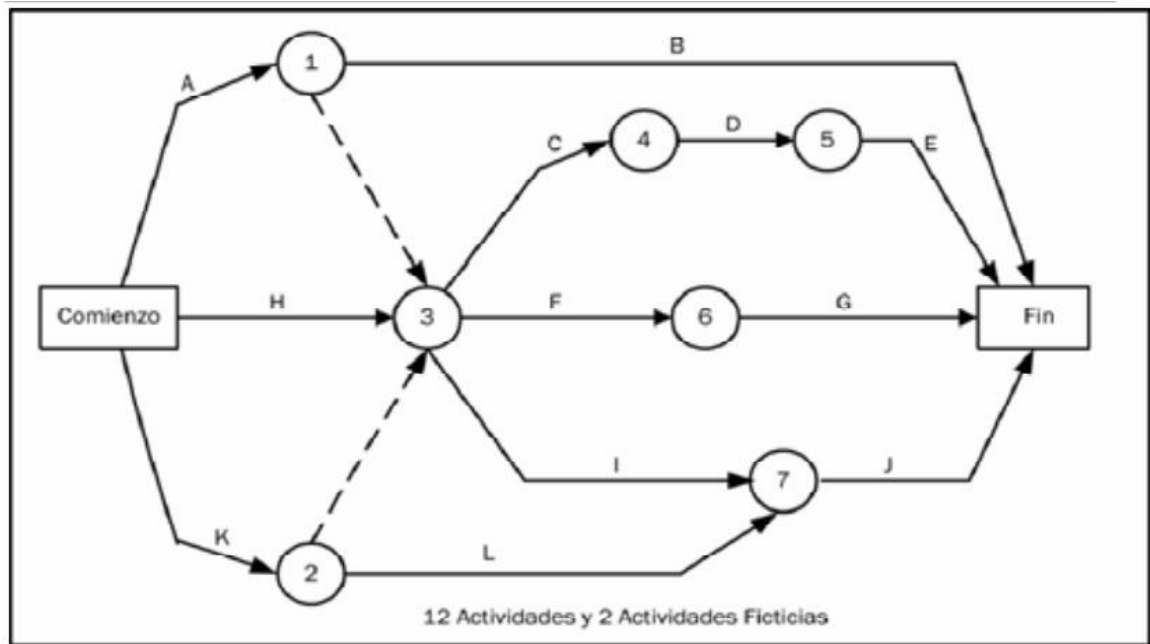


Figura No. 26 Diagrama de flechas

4. PROPUESTA PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS CICLOMOTORES

Con base en la información recabada, se ha confirmado la viabilidad de estructurar la industrialización de los ciclomotores considerando que:

- Existe un mercado real y en crecimiento de ciclomotores en el mercado español, que soporta la demanda y por supuesto el incremento en producción de estos aparatos.
- Las técnicas de producción de vehículos han avanzado. El abastecimiento Knocked Down permite la especialización del trabajo de cada uno de los eslabones de la cadena: los productores de partes se dedican solamente a este campo mientras que los ensambladores se enfocan en optimizar las técnicas de ensamble y calidad sin preocuparse por contar con una planta de producción de partes.
- La distribución de planta y las líneas de ensamble son decisivas en la efectividad y rentabilidad de un proceso productivo, hoy en día existen diseños orientados a maximizar la productividad y aprovechar el potencial completo de las máquinas y personas.

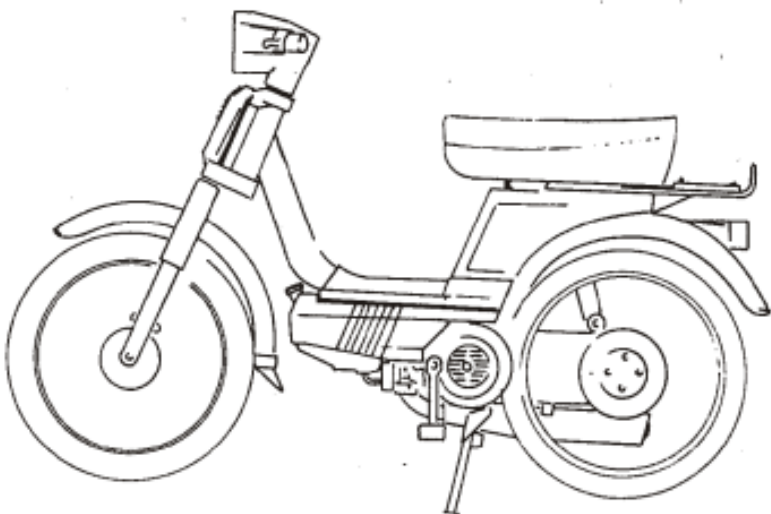
Bajo este panorama, la propuesta para la industrialización de ciclomotores es el diseño de una planta ensambladora ajustada a los siguientes lineamientos:

- Se planteará la solución de industrialización sobre características estándar del ciclomotor, características particulares como: potencia del motor, color de partes, etc., no afectan el proceso de ensamble
- La planta ensambladora tendrá un proceso de abastecimiento CKD - Completely Knocked Down, bajo este esquema se solventa el problema de cambios en características de potencia o color de partes, dado que el proveedor debe entregar de acuerdo con la solicitud de la ensambladora
- La distribución de ensamble más apropiada para el producto y el método de abastecimiento es una distribución híbrida por tecnología de grupo.

- La línea de ensamble apropiada, según se explicó será en cadena y orientada al producto dadas las características de las artes y el proceso de ensamble como tal.
- La cadena propuesta tendrá las siguientes características:
 - Simple.
 - Determinista.
 - Serial / Dos Lados. Si bien es una serie permite el trabajo de dos operarios por ambos lados.
 - Sincrónica
 - Manual
 - Fija

Con estas consideraciones, a continuación, se presenta el detalle de la propuesta de producción de los ciclomotores, iniciando por la ficha técnica, la explicación del proceso que permitió la toma de datos, la definición de la BOM, los procesos y el diseño del layout, que son la fuente para el proceso de simulación que se presenta en el siguiente capítulo.

4.1 DATOS TÉCNICOS DEL CICLOMOTOR¹³

TIPO	DENOMINACION COMERCIAL
Vehículo	Ciclomotor eléctrico
ESQUEMA: 	
CARACTERÍSTICAS Tipo de motor – Eléctrico, motor sin escobillas 1500W 60V - Motor Hall Type 3 Fase Potencia máxima 4,1 CV Velocidad máxima – 45 km/h Autonomía en ciudad – 50 km Convertidor – 12V Llantas – Aluminio 16” x2,15 Neumático – 90 /80-16	

¹³ El esquema y valores que se muestran son de referencia, pueden variar según el modelo de ciclomotor a ensamblar

4.2 TOMA DE DATOS

4.2.1 Estudio de componentes que definen el producto

Para realizar este estudio, se tomó el ciclomotor como producto acabado y se procedió al desmontaje pieza por pieza, con el propósito de establecer todos y cada uno de los materiales que lo componen.

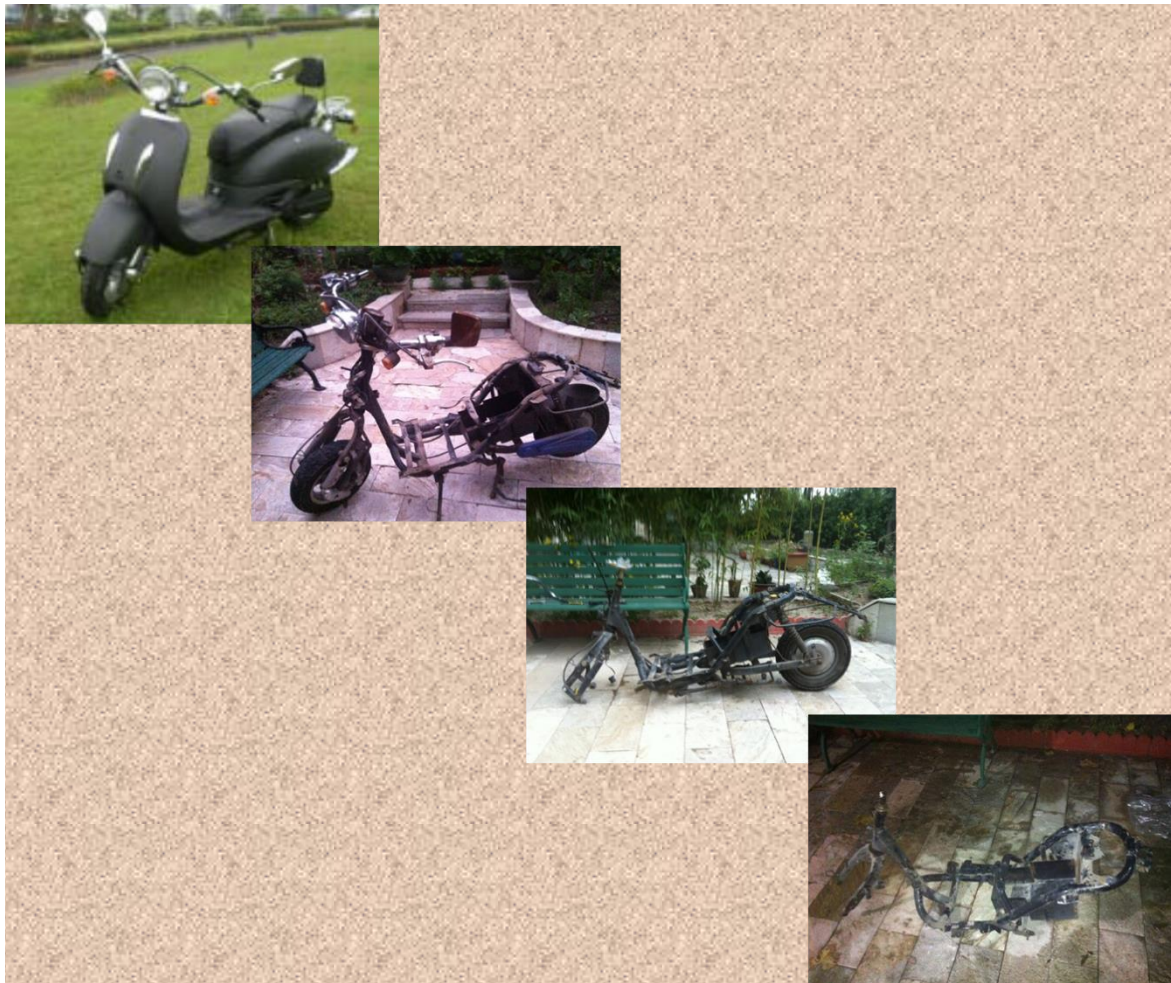


Figura No. 28 Documentación gráfica del desmontaje

Este proceso permitió, además de obtener el listado completo de los materiales, entender el proceso de ensamble en detalle, así como tener un método de cada proceso. Al ir desmontando cada sistema, se realizó la agrupación y clasificación organizada, de manera que posteriormente se pudiera realizar el ensamble. De esta manera se pudo completar la

información inicial para tener la BOM con sus columnas básicas.

Bill of Materials (BoM)				
Modelo: DGW(TDX 18Z)				
				TIEMPO: (m)
Ref #	CTY:	DESCRIPTION:	SUBBASY:	TYPE:
0000	1	Chasis Principal Moto	NO	FCP
0001	23	Tomillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	NO	BLT
0002	18	Tomillo Estrella Avellanado (15m5)	NO	BLT
0003	2	Tomillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-15)	NO	BLT
0004	6	Tomillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-15)	NO	BLT
0005	1	Chapa frontal	SUBBASY01	CPP
0006	7	Tuerca Dacromet (M10m5)	NO	BLT
0007	3	Tomillo Hexagonal Dacromet (M10m5x12)	NO	BLT
0008	17	Tuerca Chino (M10m5)	NO	BLT
0009	1	Hueco Compartimento Asiento	SUBBASY02	CPI
0010	10	Arandela (18-5)	NO	BLT
0011	17	Tomillo Chino (M10m5x15)	NO	BLT
0012	2	Pletina Mordaza Sujecion Horquilla	NO	ACC
0013	1	Parrilla Trasera	NO	CCC
0014	2	Tomillo Chino (M10m7x22)	NO	BLT
0015	1	Asa Lateral Izquierda	NO	CCC
0016	1	Asa Lateral Derecha	NO	CCC
0017	1	Embelledecedor Cromado Trasero Superior	NO	CCP
0018	1	Embelledecedor Cromado Trasero Inferior	NO	CCP
0019	10	Tomillo Estrella Avellanado Tirafondo (12-15)	NO	BLT
0020	4	Tomillo Chino (M10m7x12)	NO	BLT
0021	9	Tomillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-10)	NO	BLT
0022	1	Chapa Lateral Izquierda	SUBBASY03	CPP
0023	1	Chapa Lateral Derecha	NO	CPP
0024	13	Tomillo Chino (M10m7x15)	NO	BLT
0025	1	Casquillo Eje Motor (15-24/15)	NO	BLT
0026	2	Contacto Llave general	SUBBASY08	ACC
0027	2	Sujecion Contacto General	NO	FCP
0028	1	Chapa Frontal Trasera	NO	CPP
0029	1	Tomillo Chino (M10m5x25)	NO	BLT
0030	1	Gancho Colgador	NO	CPI
0031	1	Suelo Frontal	NO	CPI
0032	5	Tomillo Chino (M10m5x20)	NO	BLT
0033	1	Reposapias Central	SUBBASY07	CPI
0034	1	Reposapias Copiloto	NO	ACC
0035	2	Tomillo Estrella Avellanado (m5x8)	NO	BLT
0036	1	Chapa Proteccion Bajos	NO	CPI
0037	1	Embelledecedor Horquilla Trasera Izquierda	NO	CPP

Tabla 10 Esquema BOM

La Tabla 10 Esquema BOM, incluye las siguientes columnas:

- REF: Referencia del material.
- CTY: Cantidad total del material en el producto.
- Descripción: Descripción del componente.
- SUBBASY: Si el material forma parte de un subensamble previo.
- Tipo: El tipo de pieza, que puede ser uno de los elementos de la Tabla 11 Tipos de pieza.

Tabla 11 Tipos de pieza

Nom.	Descripción:
ACC	Accesory Moto
CCC	Casted Cromated Component
CPI	Cover Inyected Plastic
CPP	Cover Painted Plastic
CCP	Cover Cromated Plastic
BLT	Bolting
EMC	Electrical Manufactured Component
FCP	Frame Casted Paint

4.2.2 Estudio de operaciones unitarias y tiempos

Partiendo de los materiales debidamente agrupados según su funcionalidad y organizados de acuerdo con el proceso de ensamble documentado en la BOM, se prosiguió a definir las operaciones unitarias, establecer tiempos y organizarlas para el ensamble simulando el proceso de cada estación de trabajo.

- **Operaciones unitarias.** Son las operaciones medibles básicas de un proceso productivo; es el clúster más pequeño de proceso que se va a utilizar para este proyecto. Para la definición de las operaciones unitarias, se tomaron como base procesos de montaje simples, que pueden realizar 1 o 2 personas simultáneamente, para que, a partir de los materiales disponibles, sean estos incorporados al cuerpo del producto.
- **Organización de operaciones.** A partir de las operaciones unitarias se hace el análisis de antecendencia precedencia, con el propósito de establecer la secuencia lógica del proceso de ensamble.
- **Estimación de tiempos.** Tomando como base la organización de las operaciones unitarias y organizando las partes con base en ellas, se procede a la toma de tiempos de cada proceso.

Definidos estos pasos, se procede al montaje, el análisis de ensamblaje y toma de tiempos. A continuación, unas fotos del proceso:



Figura No. 29 Proceso de ensamble

4.3 COMPONENTES Y BOM DEL CICLOMOTOR EN ESTUDIO

En términos generales los componentes¹⁴ del vehículo en estudio son los siguientes:

- **Motor:** conjunto electromecánico responsable de la autopropulsión del ciclomotor, es eléctrico y se alimenta de la energía generada por la rotación de la llanta trasera.
- **Sistema eléctrico:** sistema autónomo que administra y conduce la corriente eléctrica requerida para el funcionamiento del motor, luces y demás funciones que requieran energía.
- **Suspensión:** es independiente en cada una de las dos llantas y tiene como función: atenuar las sacudidas que se producen por irregularidades de la vía, dar confort al conductor y elevar el nivel de seguridad asegurándose de mantener los neumáticos en permanente contacto con el suelo.
- **Llantas y neumáticos:** elementos de conexión entre el conjunto mecánico y la vía
- **Frenos:** mecanismos alojados en las llantas que permiten la disminución de velocidad y detención del ciclomotor cuando es necesario. Los frenos generalmente son de disco.
- **Chasis:** es el elemento principal del ciclomotor, sobre éste se incorporan el resto de los componentes, razón por la cual debe ser robusto. Algunos chasis se componen de tubos de acero y algunos más ligeros en aluminio. Otros modelos incorporan una mínima parte de carrocería: embellecedores y pequeños carenados fabricados con materiales ligeros como plástico y fibra de vidrio.

Con los resultados del ejercicio realizado se obtuvieron los datos para completar la BOM, donde a partir del tiempo de cada operación, los materiales y las operaciones unitarias tener la información suficiente para definir el proceso completamente. Esta información se ubicó en la parte superior del listado de materiales conformando una matriz, tal como se muestra en la Tabla 12 Diseño de la BOM con operaciones unitarias de proceso y tiempos.

¹⁴ <http://ciclomotorde49.blogspot.com/2015/04/componentes-del-ciclomotor.html>

En el anexo 3 se puede observar la BOM completo.

Bill of Materials (BoM)			TIEMPO:		E000		E001		E002		E003		E004		E005		E006		E007		E008		E009		E010		E011		E012		E013		E014		E015		E016		E017		E018		E019		E020		E021		E022		E023		E024		E025		E026		E027		E028		E029		E030		E031		E032		E033		E034		E035		E036		E037		E038		E039		E040		E041		E042		E043		E044		E045		E046		E047		E048		E049		E050		E051		E052		E053		E054		E055		E056		E057		E058		E059		E060		E061		E062		E063		E064		E065		E066		E067		E068		E069		E070		E071		E072		E073		E074		E075		E076		E077		E078		E079		E080		E081		E082		E083		E084		E085		E086		E087		E088		E089		E090		E091		E092		E093		E094		E095		E096		E097		E098		E099		E100		E101		E102		E103		E104		E105		E106		E107		E108		E109		E110		E111		E112		E113		E114		E115		E116		E117		E118		E119		E120		E121		E122		E123		E124		E125		E126		E127		E128		E129		E130		E131		E132		E133		E134		E135		E136		E137		E138		E139		E140		E141		E142		E143		E144		E145		E146		E147		E148		E149		E150		E151		E152		E153		E154		E155		E156		E157		E158		E159		E160		E161		E162		E163		E164		E165		E166		E167		E168		E169		E170		E171		E172		E173		E174		E175		E176		E177		E178		E179		E180		E181		E182		E183		E184		E185		E186		E187		E188		E189		E190		E191		E192		E193		E194		E195		E196		E197		E198		E199		E200		E201		E202		E203		E204		E205		E206		E207		E208		E209		E210		E211		E212		E213		E214		E215		E216		E217		E218		E219		E220		E221		E222		E223		E224		E225		E226		E227		E228		E229		E230		E231		E232		E233		E234		E235		E236		E237		E238		E239		E240		E241		E242		E243		E244		E245		E246		E247		E248		E249		E250		E251		E252		E253		E254		E255		E256		E257		E258		E259		E260		E261		E262		E263		E264		E265		E266		E267		E268		E269		E270		E271		E272		E273		E274		E275		E276		E277		E278		E279		E280		E281		E282		E283		E284		E285		E286		E287		E288		E289		E290		E291		E292		E293		E294		E295		E296		E297		E298		E299		E300		E301		E302		E303		E304		E305		E306		E307		E308		E309		E310		E311		E312		E313		E314		E315		E316		E317		E318		E319		E320		E321		E322		E323		E324		E325		E326		E327		E328		E329		E330		E331		E332		E333		E334		E335		E336		E337		E338		E339		E340		E341		E342		E343		E344		E345		E346		E347		E348		E349		E350		E351		E352		E353		E354		E355		E356		E357		E358		E359		E360		E361		E362		E363		E364		E365		E366		E367		E368		E369		E370		E371		E372		E373		E374		E375		E376		E377		E378		E379		E380		E381		E382		E383		E384		E385		E386		E387		E388		E389		E390		E391		E392		E393		E394		E395		E396		E397		E398		E399		E400		E401		E402		E403		E404		E405		E406		E407		E408		E409		E410		E411		E412		E413		E414		E415		E416		E417		E418		E419		E420		E421		E422		E423		E424		E425		E426		E427		E428		E429		E430		E431		E432		E433		E434		E435		E436		E437		E438		E439		E440		E441		E442		E443		E444		E445		E446		E447		E448		E449		E450	
Ref #	CITE	DESCRIPCION	SUBSISTEMAS	TIEMPO: (m)	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP</																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

4.5 OBTENCION DEL FLUJORAMA DE OPERACIONES

4.5.1 Premisas

Es posible agrupar las operaciones de infinidad de formas distintas, en función de necesidad, del número de trabajadores, del espacio necesario, del tiempo de producción o de la rapidez desde pedido. Para este proceso se decidió hacerlo por el número de trabajadores y la producción:

- **Por el número de trabajadores:** Se emplearán 2 trabajadores por estación, uno a cada lado de la moto, como se aprecia en la figura siguiente.

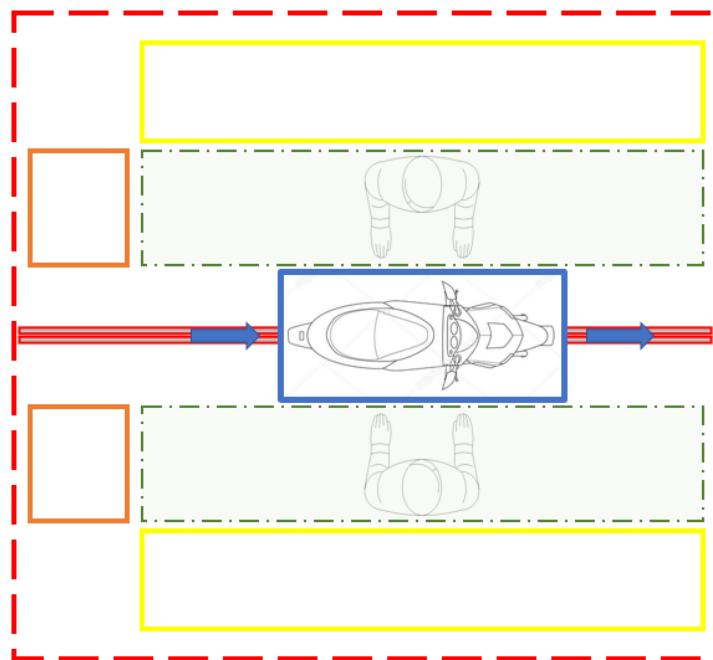


Figura No. 31 Número de trabajadores por puesto de trabajo

- **Producción:** Se puede hacer por el mínimo lead time o por el mínimo tak time:
 - **Modelo de mínimo lead-time:** Lead time es el tiempo que cuesta fabricar un ciclomotor desde que la primera pieza entra en producción hasta que se completa el montaje. Esta forma de fabricar reduce los plazos, se utiliza frecuentemente en

negocios en los cuales se fabrica bajo pedido. Su uso está generalizado en la automoción dado el alto grado de configurabilidad de productos, el cliente elige entre una combinatoria de opciones.

- **Modelo de más corto Tak-Time:** El tak time es el tiempo en el cual cada estación de una línea de montaje repite una operación a la vez. De esta manera cada vez que se cumple el tak-time se produce una unidad. Minimizar el tak-time es maximizar la producción. Esta opción es la base a partir de la cual se inicia la definición del modelo, que busca maximizar la producción. Para conocer el Tak time basta con establecer la operación unitaria más costosa en tiempo, en este caso la EF007 - Montaje de horquilla delantera que utiliza 2 trabajadores por 25 minutos.

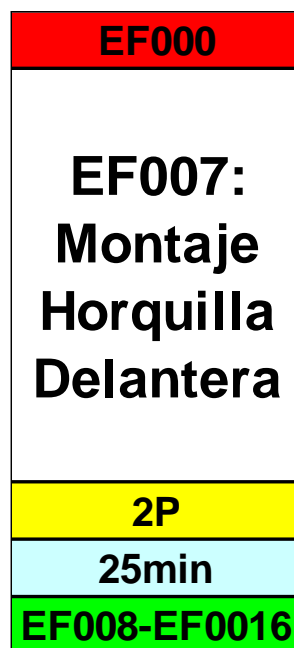


Figura No. 32 Operación unitaria más costosa

- Esta estación por si sola es un puesto de trabajo, las demás estaciones se irán incorporando según el diagrama Ante-Pre.

4.5.2 Análisis de las estaciones de trabajo

Se hace el diseño de cada estación de trabajo considerando 25 minutos de operación, buscando agrupar actividades en una estación con esta restricción de tiempo todo esto sin perder de vista las precedencias, con el propósito de lograr el objetivo correctamente:

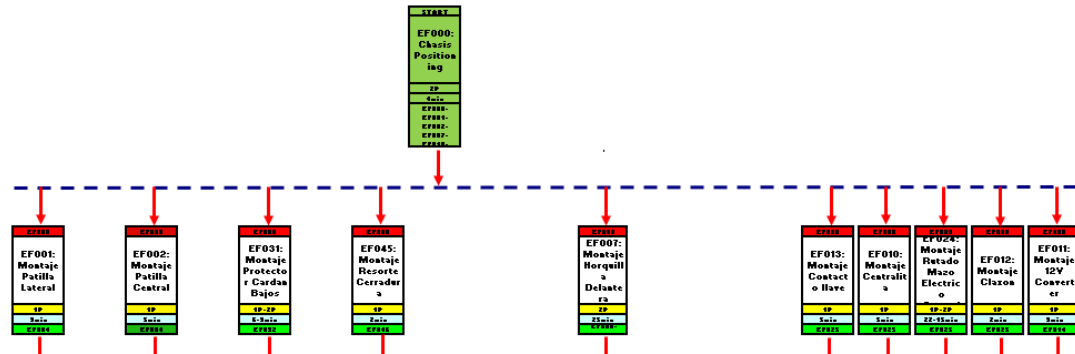


Figura No. 33 Fragmento del diagrama Ante-pre

En la Figura No. 33 Fragmento del diagrama Ante-pre se observa cómo una vez puesto el chasis en posición, es posible realizar 10 operaciones diferentes. Considerando el *Tak time* se tomaron 4 de ellas para totalizar 25 minutos con 2 operarios:

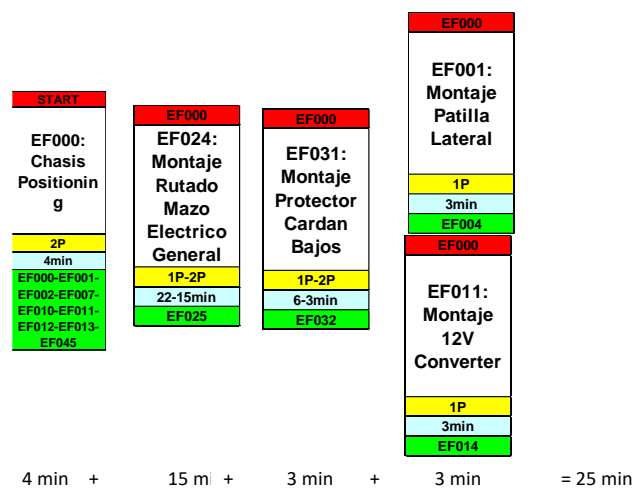


Figura No. 34 Configuración de la primera estación

La segunda estación es la propia actividad EF007, que como se observaba anteriormente ocupa los 25 minutos.

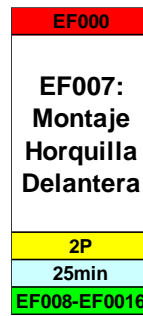


Figura No. 35 Estación de trabajo No. 2

La tercera estación nuevamente se hace el ejercicio de incorporar actividades para completar los 25 minutos con los 2 operarios, y así sucesivamente.

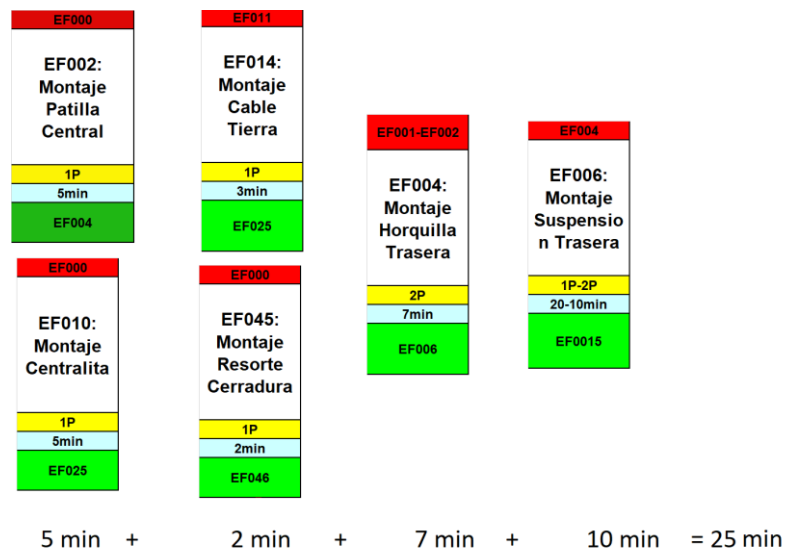


Figura No. 36 Estación de trabajo No. 3

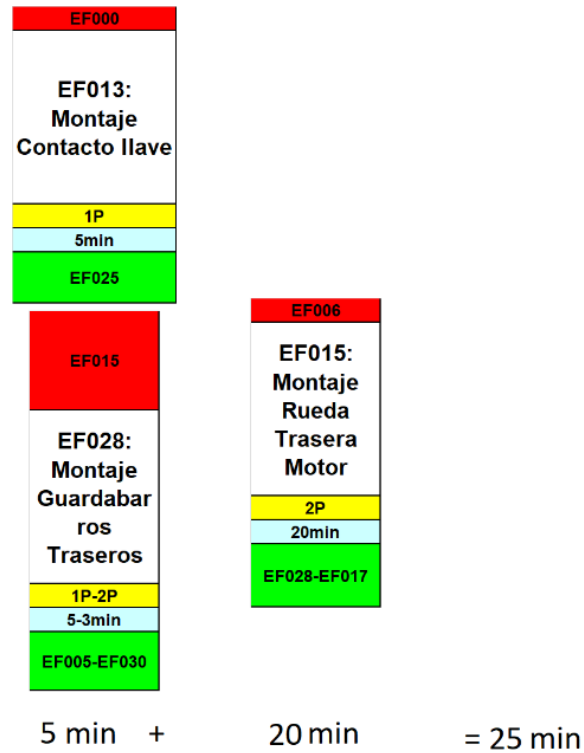


Figura No. 37 Estación de trabajo No. 4

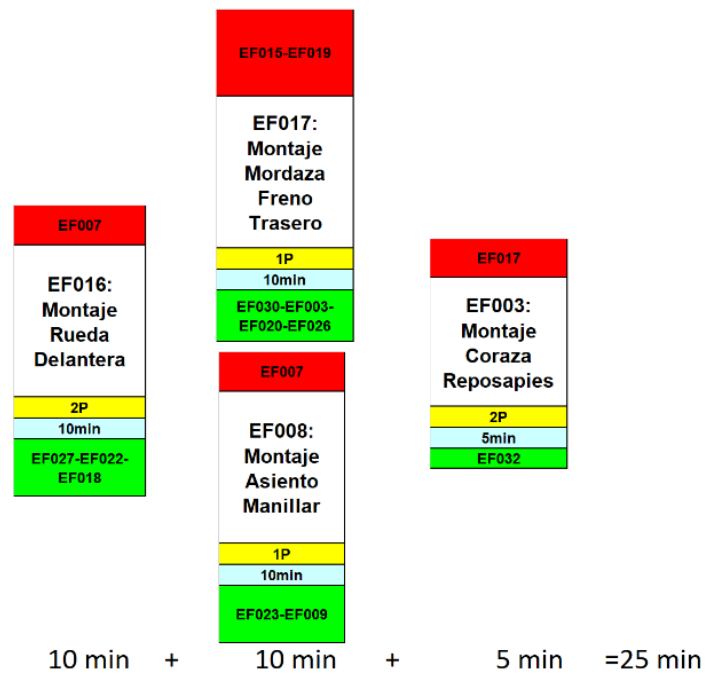


Figura No. 38 Estación de trabajo No. 5

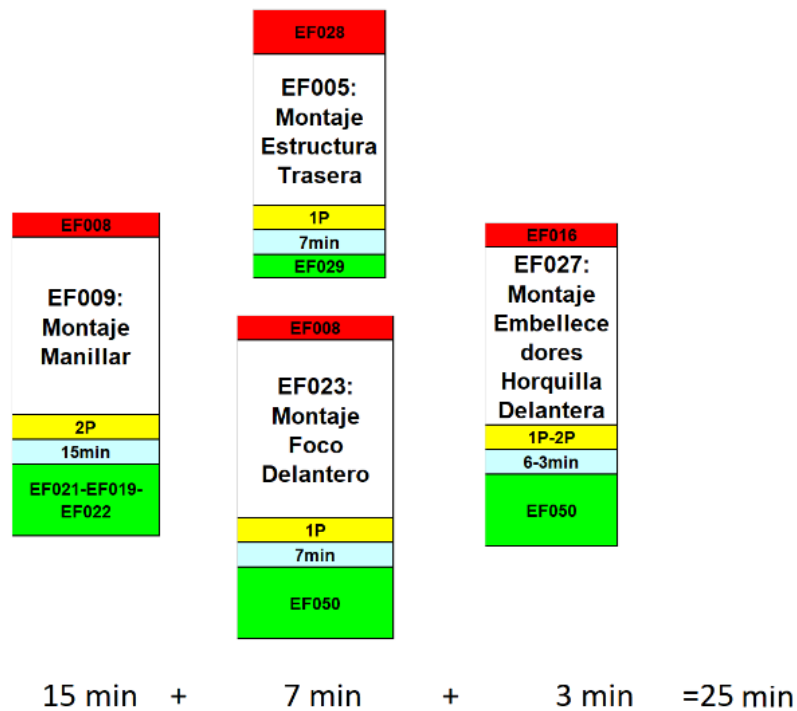


Figura No. 39 Estación de trabajo No. 6

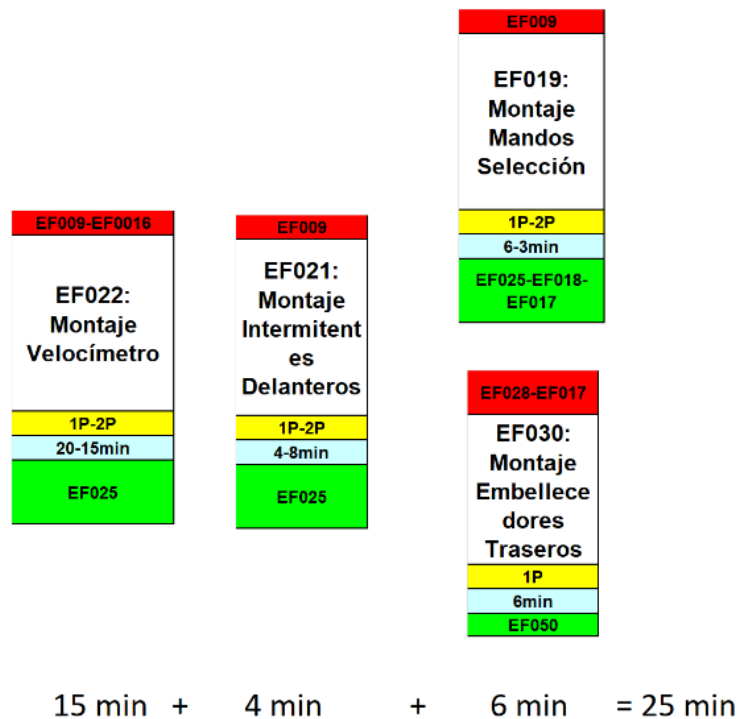


Figura No. 40 Estación de trabajo No. 7

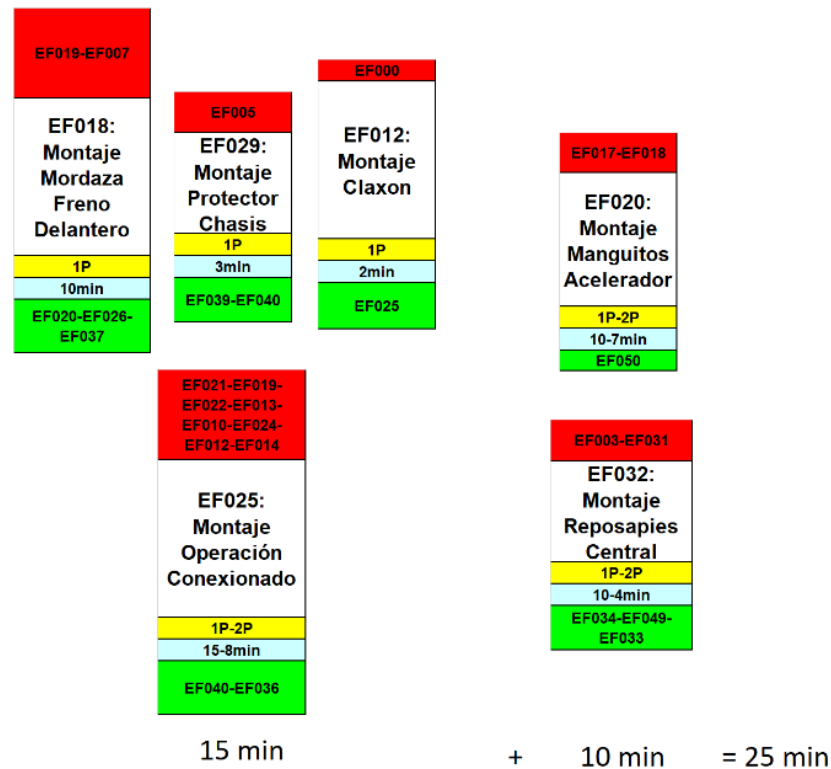


Figura No. 41 Estación de trabajo No. 8

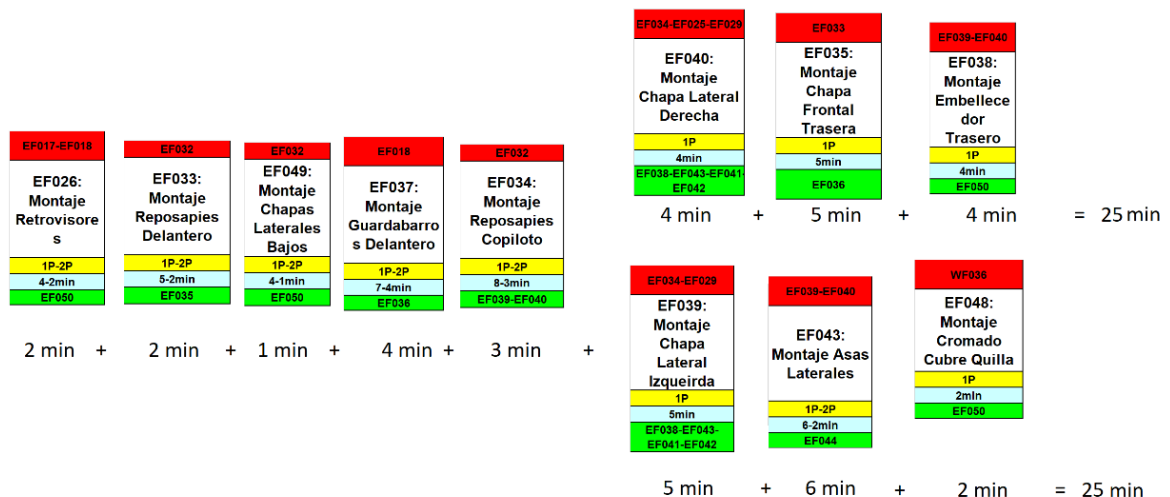


Figura No. 42 Estación no. 9

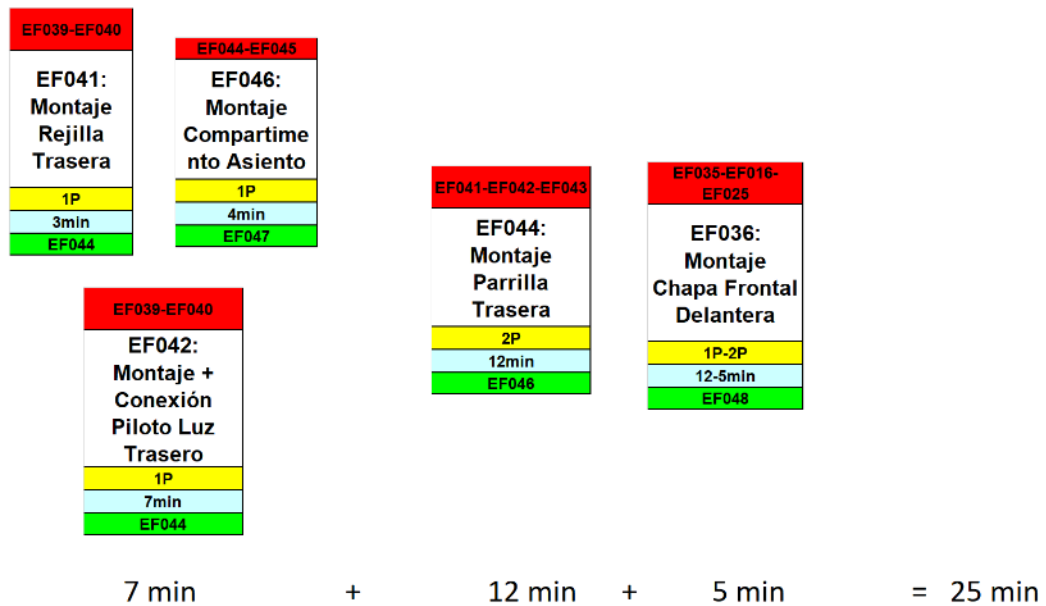


Figura No. 43 Estación de trabajo No. 10

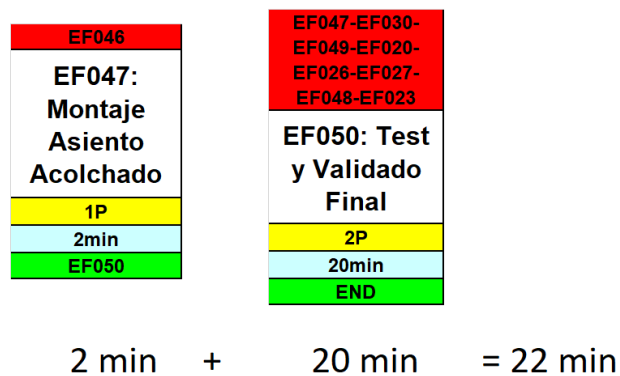
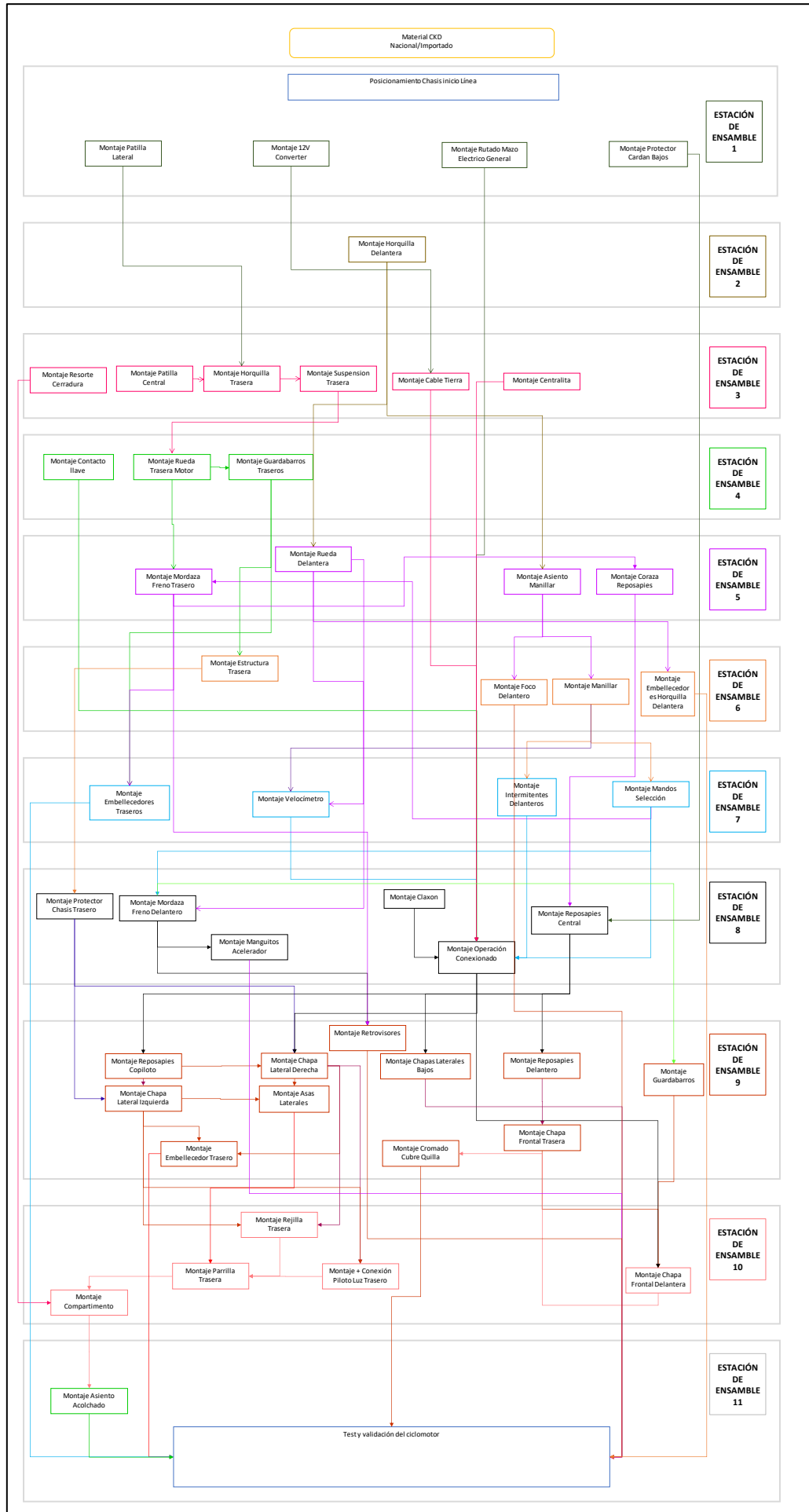


Figura No. 44 Estación de trabajo no. 11

De esta forma se logran integrar 11 estaciones de trabajo conformando el flujograma que se presenta a continuación.

INDUSTRIALIZACIÓN DE CICLOMOTOR BAJO SISTEMA PRODUCTIVO DE KNOCK DOWN

Carlos Vallés Monreal



4.6 PROPUESTA LAYOUT

Con base en los párrafos anteriores se hace la siguiente propuesta de *layout*, para lo cual se propone una estación de 4m de largo por 4,2m de ancho, con la siguiente tipología:

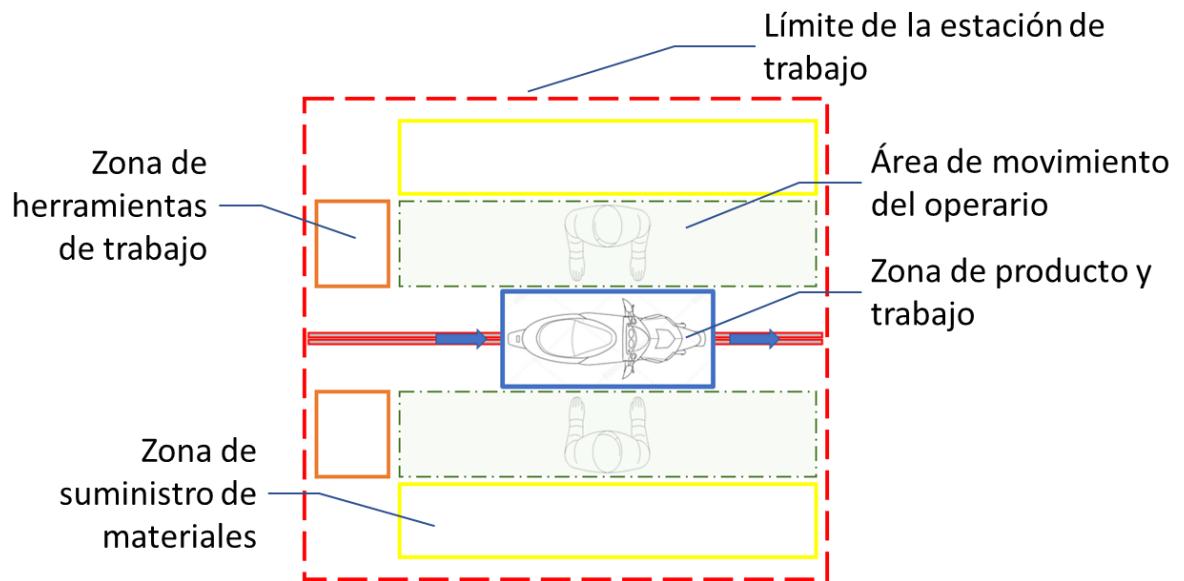


Figura No. 45 Estación de trabajo tipo

Para la Figura No. 45 Estación de trabajo tipo, se establecen las siguientes convenciones:

- Cuadro Rojo a trazos: Límites estación de trabajo.
- Cuadro Amarillo: Zona suministro de Materiales.
- Cuadro Azul: Zona producto y trabajo.
- Cuadro Verdes: Área de movimiento.
- Cuadro Naranja: Zona de herramientas de trabajo.

Las estaciones se ubican una detrás de otra hasta completar la línea de 11 estaciones de trabajo. De esta manera se establecería un esquema de planta donde buscando un flujo de materiales adecuado se podría establecer en un área de 60m por 25m.

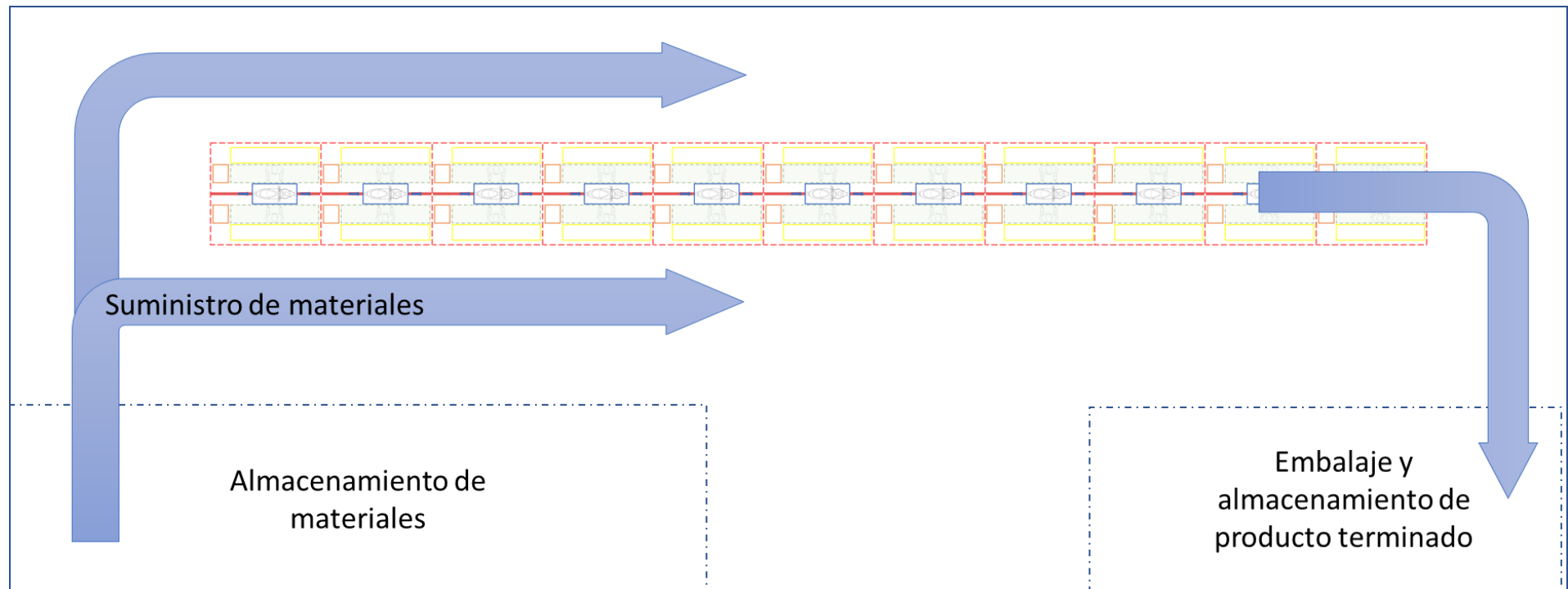


Figura No. 46 Esquema general de planta y flujo de materiales

4.7 PIEZAS DETALLADAS DEL CICLOMOTOR

Para la industrialización del ciclomotor es necesario contar con el detalle de las piezas que conforman el producto, bajo este conocimiento es posible plantear la asociación de piezas para crear componentes más estructurados que a su vez permiten ordenar el proceso productivo y a su vez el diseño de planta y la línea de ensamble.

En ese orden de ideas, se presenta en el anexo 1 las piezas vinculadas al proceso de ensamble del ciclomotor y las cantidades requeridas para el ensamble de una unidad.

De forma consolidada, un ciclomotor se compone de 361 piezas:

Figura No. 47 Desglose piezas según tipo

Categoría	Cantidad de piezas
Marco	12
Eléctrica	10
Cubierta Plástico Pintado	15
Cubierta Plástico Inyectado	17
Cubierta Cromada	18
Tornillería y complementos	239
Accesorio	50
Total de Piezas	361

4.8 RELACIÓN PIEZAS – ESTACIONES DE ENSAMBLE – TIEMPOS POR ESTACIÓN

De acuerdo con la distribución de las estaciones de trabajo, se relaciona a continuación las piezas, tiempo y personal requerido para cada una de las labores de ensamble:

Figura No. 488 Desglose piezas según estación de montaje

Proceso	Subproceso	Piezas	Cantidad Piezas	Nº de personas	Tiempo - Min
Estación de Ensamble 1	Posicionamiento Chasis inicio Línea	Chasis Principal Moto	1	2	4
		Asiento Superior Rodamiento Manillar	1		
		Asiento Inferior Rodamiento Manillar	1		
	Montaje Patilla Lateral	Soporte Patilla Lateral	1	1	3
		Muelle Soporte Lateral	1		
		Tornillo mecanizado Especial Patilla	1		
	Montaje 12V Converter	Tuerca Dacromet (M10m5)	2	1	3
		Tornillo Hexagonal Dacromet (M10m5x12)	2		
		Convertidor 12V	1		
	Montaje Protector Cardan Bajos	Arandela (18-5)	4	2	3
		Tornillo Chino (M10m7x15)	4		
		Chapa Protección Bajos	1		
	Montaje Rutado Mazo Eléctrico General		1		
		Cableado General Mazo		2	15
Estación de Ensamble 2	Montaje Horquilla Delantera	Anillo Rodamiento Inferior	1	2	25
		Anillo Rodamiento Superior	1		
		Tuerca Alojamiento Transmisión	1		
		Cierre tuerca Alojamiento Transmisión	1		
		Sistema Suspension Delantero	1		
Estación de Ensamble 3	Montaje Patilla Central	Soporte Patilla Central	1	1	5
		Muelle Soporte Central	1		
		Casquillo Asiento Tornillo-Eje Patilla Central	2		
		Tornillo Chino (M12m10x25)	2		
	Montaje Resorte Cerradura	Tuerca Chino (M10m5)	2	1	2
		Resorte Cerradura	1		
	Montaje Horquilla Trasera	Horquilla Trasera	1	2	7
		Tornillo-Eje Bastidor Trasero	1		
		Tuerca Eje Bastidor Trasero	1		
	Montaje Centralita	Tuerca Dacromet (M10m5)	4	1	5
		Tornillo Allen Dacromet (C5/32M5x15)	4		
		Arandela Dacromet (12-7)	4		
		Cableado Controlador	1		
		Controlador Eléctrico	1		
		Tuerca Dacromet (M10m5)	1	1	3

INDUSTRIALIZACIÓN DE CICLOMOTOR BAJO SISTEMA PRODUCTIVO DE KNOCK DOWN
Carlos Vallés Monreal

Proceso	Subproceso	Piezas	Cantidad Piezas	Nº de personas	Tiempo - Min
	Montaje Cable Tierra	Tornillo Hexagonal Dacromet (M10m5x12)	1		
		Cable Toma Tierra	1		
		Arandela Dacromet (12-7)	2		
	Montaje Suspensión Trasera	Tuerca Chino (M9/16m10)	2	2	10
		Suspensión Trasera	2		
		Tornillo Chino (M12m10x40-12)	2		
Estación de Ensamble 4	Montaje Contacto llave	Tornillo Chino (M10m5x15)	2	1	5
		Contacto Llave general	1		
		Sujeción Contacto General	1		
		Tornillo Estrella Avellanado (m5x8)	2		
	Montaje Rueda Trasera Motor	Tornillo Chino (M10m5x15)	2	2	20
		Pletina Mordaza Sujeción Horquilla	2		
		Casquillo Eje Motor (15-24/15)	1		
		Motor <i>Brushless</i> Integrado en Rueda	1		
		Tuerca Chino (M20m14)	1		
		Arandela Eje (24-20)	2		
		Soporte pinza freno trasero	1		
		Arandela Gruesa (24-20)	1		
		Tuerca Chino (M21m15)	1		
		Tornillo Chino (M10m7x15)	2	1	5
	Montaje Guardabarros Traseros	Tornillo Chino (M10m5x20)	1		
		Guardabarros Trasero	1		
Estación de Ensamble 5	Montaje Mordaza Freno Trasero	Tornillo Chino (M10m7x15)	2	1	10
		Tornillo Allen Cromado (C3/16M5x20)	2		
		Freno Trasero Izquierdo	1		
		Mordaza Manillar Freno	1		
	Montaje Coraza Reposapiés	Tornillo Chino (M10m5x15)	2	2	5
		Refuerzo Reposapiés Trasero	1		
		Tornillo Chino (M10m5x12)	2		
		Refuerzo Reposapiés Delantero	1		
	Montaje Rueda Delantera	Casquillo Acoplamiento Eje Delantero	1	2	10
		Rueda Delantera	1		
		Tornillo-Eje Rueda Delantera (M14m12x245-215)	1		
		Tuerca Chino (M20m12)	1		
		Cable Transmisión Cuentavueltas	1		
	Montaje Asiento Manillar	Asiento Manillar	1	1	10
		Tornillo Chino (M9/19m10x50-20)	1		
		Tuerca Chino (M9/16m10)	1		
		Casquillo Asiento circular	1		
Estación de Ensamble 6	Montaje Foco Delantero	Foco Delantero	1	1	7
		Tornillo Allen Cromado (C3/16M5x20)	2		
		Manillar Dirección	1	2	15

INDUSTRIALIZACIÓN DE CICLOMOTOR BAJO SISTEMA PRODUCTIVO DE KNOCK DOWN
Carlos Vallés Monreal

Proceso	Subproceso	Piezas	Cantidad Piezas	Nº de personas	Tiempo - Min
	Montaje Manillar	Tornillo Allen Cromado (C7/32M7x40)	4		
		Mordaza Manillar Superior	1		
		Mordaza Manillar Inferior	2		
		Tornillo Chino (M10m7x20)	2		
	Montaje Embellecedores Horquilla Delantera	Embellecedor Horquilla Delantera Izquierdo	1	1	6
		Embellecedor Horquilla Delantera Derecho	1		
		Tornillo Estrella Avellanado (12m5x12)	6		
		Embellecedor Brazo Izquierdo	1		
		Embellecedor Brazo Derecho	1		
		Tornillo Estrella Avellanado (12m5x20)	2		
	Montaje Estructura Trasera	Tornillo Chino (M10m5x15)	6	1	7
		Cuerpo Bastidor Trasero	1		
Estación de Ensamble 7	Montaje Mandos Selección	Mando Izquierdo	1	1	6
		Mando Derecho	1		
	Montaje Intermitentes Delanteros	Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	2	2	4
		Tuerca Chino (M10m5)	2		
		Intermitente Delantero Derecho	1		
		Intermitente Delantero Izquierdo	1		
	Montaje Embellecedores Traseros	Embellecedor Horquilla Trasera Izquierda	1	1	6
		Embellecedor Horquilla Trasera Derecho	1		
		Tornillo Estrella Avellanado (10m4x12)	4		
		Tapa Embellecedor Horquilla Trasera Izquierda	1		
		Tapa Embellecedor Horquilla Trasera Derecha	1		
	Montaje Velocímetro	Tornillo Estrella Avellanado (10m4x12)	2	2	15
		Velocímetro	1		
Estación de Ensamble 8	Montaje Operación Conexionado		1		
		Cebador Intermitentes		1	15
	Montaje Claxon	Tornillo Chino (M10m5x15)	1	1	2
		Claxon	1		
	Montaje Manguitos Acelerador	Manguito Acelerador	1	1	10
		Manguito Izquierdo	1		
	Montaje Reposapiés Central	Arandela (18-5)	2	1	10
		Tornillo Chino (M10m5x20)	2		
		Reposapiés Central	1		
	Montaje Mordaza Freno Delantero	Tornillo Chino (M10m7x12)	1	1	10
		Freno Delantero Derecho	1		
		Tornillo Allen Cromado (C3/16M5x20)	2		
		Pinza Tuberia Freno Horquilla	1		
		Mordaza Manillar Freno	1		
	Montaje Protector Chasis Trasero	Tuerca Chino (M10m5)	1	1	3
		Tornillo Chino (M10m7x12)	1		
		Tornillo Chino (M10m7x15)	1		

Proceso	Subproceso	Piezas	Cantidad Piezas	Nº de personas	Tiempo - Min	
		Protector Chasis Trasero	1			
Estación de Ensamble 9	Montaje Retrovisores Montaje	Retrovisor Izquierdo	1	1	4	
		Retrovisor Derecho	1			
	Guardabarros Delantero	Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	3	1	7	
		Guardabarros Delantero Frontal	1			
		Guardabarros Delantero Posterior	1			
	Montaje Cromado Cubre Quilla	Tornillo Estrella Avellanado (12m5x12)	2	1	2	
		Cromado Cubre Quilla Superior Trasero	1			
	Montaje Reposapiés Copiloto	Tornillo Chino (M10m7x15)	2	1	8	
		Reposapiés Copiloto	1			
	Montaje Chapas Laterales Bajos	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-10)	2	1	4	
		Chapa Bajos Derecha	1			
		Chapa Bajos Izquierda	1			
	Montaje Reposapiés Delantero	Pinzado Cromado para tornillo PEQUEÑO	2			
		Arandela (18-5)	2	1	5	
		Suelo Frontal	1			
		Tornillo Chino (M10m5x20)	2			
	Montaje Chapa Lateral Izquierda	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	1	1	5	
		Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	3			
		Tuerca Chino (M10m5)	2			
		Chapa Lateral Izquierda	1			
	Montaje Chapa Lateral Derecha	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	1	1	4	
		Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	3			
		Tuerca Chino (M10m5)	2			
		Chapa Lateral Derecha	1			
	EF035: Montaje Chapa Frontal Trasera	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	6	1	5	
		Chapa Frontal Trasera	1			
		Tornillo Chino (M10m5x25)	1			
		Gancho Colgador	1			
	Montaje Embellecedor Trasero	Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	2	1	4	
		Embellecedor Cromado Trasero Superior	1			
		Embellecedor Cromado Trasero Inferior	1			
		Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (12-15)	8			
		Tornillo Chino (M10m7x12)	2			
	Montaje Asas Laterales	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-10)	2			
		Asa Lateral Izquierda	1	1	6	
		Asa Lateral Derecha	1			
			Tornillo Chino (M10m7x15)	2		
	Estación de Ensamble 10	Montaje Rejilla Trasera	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	4	1	3
			Rejilla Trasera	1		
		Montaje Parrilla Trasera	Tornillo Chino (M10m5x15)	2	2	12
Parrilla Trasera			1			

Proceso	Subproceso	Piezas	Cantidad Piezas	Nº de personas	Tiempo - Min
		Tornillo Chino (M10m7x22)	2		
	Montaje + Conexión Piloto Luz Trasero	Tuerca Chino (M10m5)	4	1	7
		Set Luz y Intermitentes Traseros	1		
		Pieza Amordazado Set Luz y Intermitentes Traseros	1		
	Montaje Chapa Frontal Delantera	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	4	1	12
		Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	3		
		Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-15)	2		
		Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-15)	2		
		Chapa frontal	1		
	Montaje Compartimento Asiento	Tuerca Chino (M10m5)	2	1	4
		Hueco Compartimento Asiento	1		
		Arandela (18-5)	2		
		Tornillo Chino (M10m5x15)	2		
Estación de Ensamble 13	Montaje Asiento Acolchado	Tuerca Chino (M10m5)	2	1	2
		Asiento Acolchado	1		
	Test y Validado Final			2	20

Queda de esta forma completa la información para la línea de producción incluyendo las estaciones de ensamble, los procesos a realizar en cada estación, las piezas a incluir en cada uno, los tiempos y el número de personas requerido. De esta manera se procede a la simulación.

5. SIMULACION LAYOUT EN SOFTWARE EDINCONTROL®

Se ha definido utilizar el proceso de simulación con el propósito de optimizar el diseño original. Para ello se trabajó con el sistema EDIncontrol donde se modeló la línea de producción, para visualizar y analizar su comportamiento con el propósito de optimizarla. A partir del modelo óptimo, se analizó el impacto de las fallas que puede presentar en la vida real. De esta manera el modelo final presentará flexibilidad suficiente ante posibles contingencias en la aplicación práctica

5.1 CONSTRUCCION MODELO

5.1.1 Surtidor de materiales:

El modelo tiene que nutrir de materiales los puestos de ensamblaje, para ello disponer de la siguiente configuración:

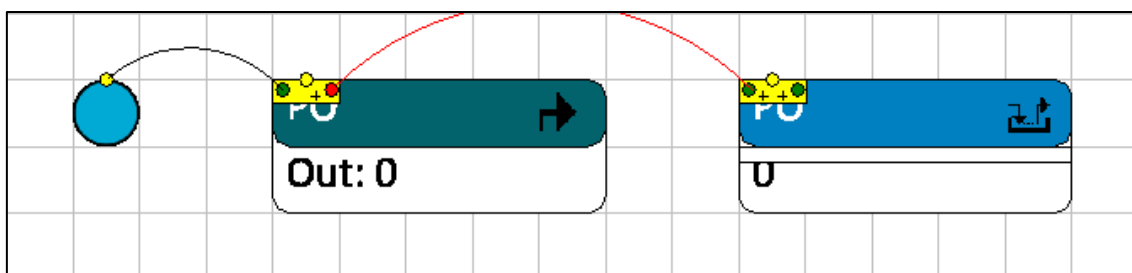


Figura No. 49 EDIncontrol Configuración de los puestos de ensamblaje

Para tener disponibilidad de materiales hay que generar una secuencia de estos 3 átomos para cada material, así si los procesos necesitan un producto lo tienen siempre disponible.

Para generar 3 átomos:

- **Baseclass:** genera el elemento y le da nombre.

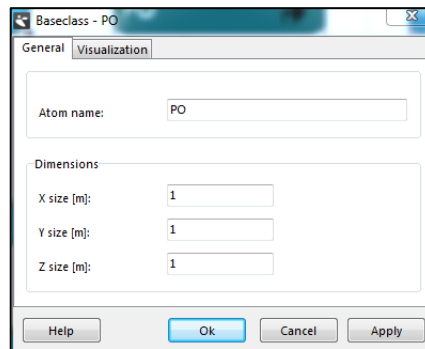


Figura No. 50 EDIncontrol Baseclass

Es un átomo que da nombre y forma a lo que sale de él, para configurarlo basta rellenar el campo Atom Name (Con el nombre del material), a partir de aquí el cada producto que sale con el nombre que se le asigna.

- **Source:** Determina la frecuencia de generación de productos, también limita el número de elementos y otras acciones, se construye de forma que genere productos de la forma más rápida posible así desde el segundo 0 se cuenta con disponibilidad de materiales.

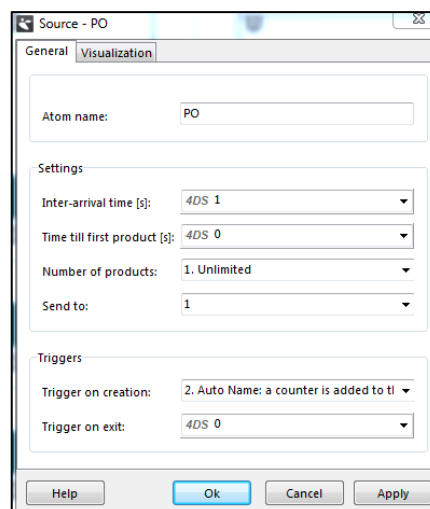


Figura No. 51 EDIncontrol Source

Cuenta con los siguientes campos principales:

- **Atom Name:** Nombre del átomo, para su identificación.

- **Inter-Arival time:** Puede ser una función, pero para este se configura con la constante 1 para que cree 1 producto cada segundo. Un segundo es más que suficiente para satisfacer la demanda de la línea.
- **Time till...:** Cuanto tiempo demora en generar el primer producto. Es cero porque se requiere llenar la cesta lo antes posible.
- **Number of products:** Genera un número de productos, para este caso es ilimitado, dependiendo del tiempo de simulación.
- **Trigger on Creation:** Do Nothing. No aplica
- **Queue:** Se genera una cola para que almacene 100 productos y los pueda distribuir entre los puestos de montaje según necesidad. Esto es muy útil para materiales que se usan en varios puestos de ensamblaje.

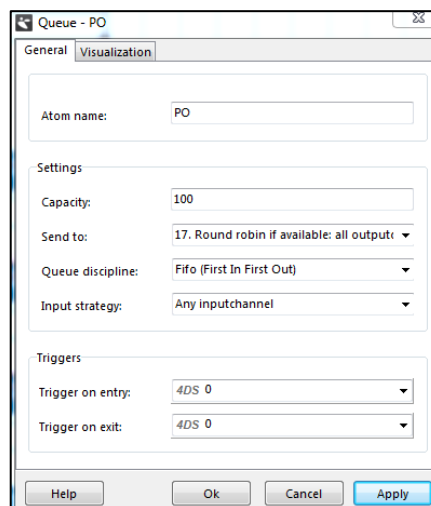


Figura No. 52 EDIncontrol Queue

- **Capacity:** Almacena ítems hasta que llega a 100, que es el número que se determinó; si un ensamblaje consume uno lo suple inmediatamente. Así siempre hay disponibilidad.
- **Send to:** Muy importante elegir “Round Robin if available”, ya que en materiales que se consumen en varios puntos no sigue un orden, en cuanto un ensamblaje necesita uno lo manda.

5.1.2 Operaciones de ensamblaje:

Para simular operaciones de ensamblaje EDIncontrol tiene un átomo específico, el átomo en cuestión es llamado Assembler.

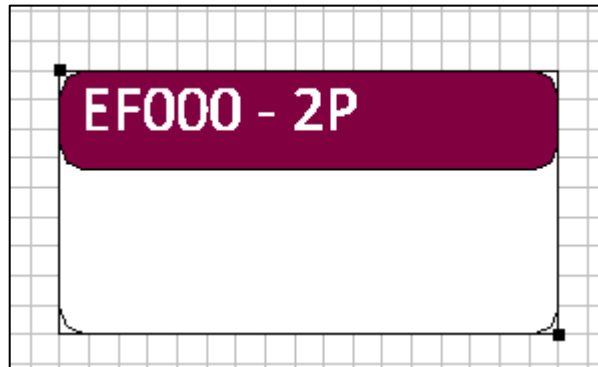


Figura No. 53 EDIncontrol Assembler

El Assembler permite introducir un producto semielaborado y añadirle materiales extra y en un periodo de tiempo predeterminado logra crear un nuevo producto de nombre distinto a la suma de los elementos que lo conforman.

Partiendo de la toma de datos y el flujograma de antecedencia-precedencia.

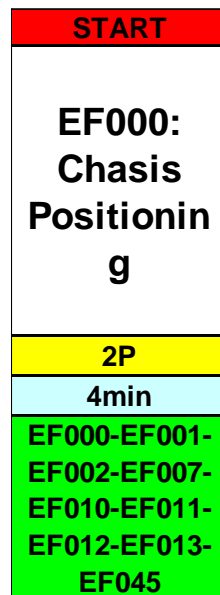


Figura No. 54 Proceso del diagrama de antecedencia y precedencia.

La descripción de las convenciones se puede observar en 4.3

- **Cuadro Rojo:** Operación antecedente u operación que hay que hacer previamente para poder hacerse esta operación.
- **Cuadro Blanco:** Código de operación y nombre.
- **Cuadro Amarillo:** 1P (1 Persona) 2P (2 Personas). En este caso es una operación que solo se puede hacer por 2 Personas, caso contrario aparecería 1P-2P, que querría decir que se puede ejecutar con 1 Persona o por 2P. (Obviamente si las operaciones se hacen por 1 persona o 2 personas el tiempo cambia)
- **Cuadro Azul:** Tiempo que cuesta la operación, si hay opción 1P-2P aparecerán 2 tiempos de ejecución.
- **Cuadro Verde:** Operaciones precedentes, una vez acabada dicha operación se podrían hacer cualquier de las operaciones indicadas.

Las propiedades permiten introducir toda la información del cuadro de operación

Assembler - EF000 - 2P

General Channels Visualization

Atom name: EF000 - 2P

Settings

Cycletime [s]: 4DS lognormal(120,2)

Send to: 17. Round robin if available: all ou

Display contents: ☒

Pack contents: ☐

Triggers

Trigger on entry chn. 1: 4DS 0

Trigger on entry chn. 2-n: 4DS 0

Trigger on exit: 4DS Name(i) := [EF000]

Bill of Material

Column reference b.o.m.: 4DS1 Edit b.o.m. table

Cut-Off Settings

Use Cut-Off time: ☐

Cut-Off time [s]: 4DS0

Help Ok Cancel Apply

Figura No. 55 EDInontrol propiedades de un proceso

- **Atom Name:** Aquí por diferenciar marco EF000 (Nombre operación) y 2P (Se correspondería con esta operación hecha por 2P. Esta operación solo es posible hacerse con 2 personas por lo que el tiempo que lleva es solo para 2 personas trabajando simultáneamente. En el caso que la operación se pueda hacer por 1 o 2 personas generaría 2 operaciones de Assembler ya que los tiempos de ejecución cambian.
- **Cycletime:** Aquí se pueden seleccionar una de varias funciones, en este caso se ha utilizado la longnormal() y dentro 120s (2 minutos): Este loop hace que la fabricación cueste 2 minutos exactos de tiempo; hay varias funciones que dan variabilidad al tiempo, pero para este caso y la simulación inicial se utiliza esta función que fija el tiempo exacto. Otra opción podría ser marcar directamente los segundos, 120 y ya disponer del tiempo de ciclo definido.
- **Send to:** Aquí decir a donde mandar el producto acabado, para evitar problemas elegir función “round robin if available”, esto es, mandar a cualquier canal disponible en el momento que sea necesario. Generalmente de las operaciones solo sale un producto a otro átomo por lo que no es muy importante. Simplemente pasara al siguiente canal.
- **Trigger on Exit:** $Name(i) := [EF000]$ Se nombrar al producto como EF000 para que cuando salga el producto adquiera este nombre y así identificar el resultado con el nombre de la operación (Esto es interesante para la toma de resultados ya que permite controlar los datos de lo producido en esta operación filtrando en resultados)
- **Edit BOM Table:** Es un editor que permite controlar la cantidad de elementos de entrada, entre ellos, el producto anterior y los materiales, se le indica el número de unidades de cada cual. En este caso:

De la tabla BOM:

Tabla 13 Ejemplo con la BOM

Bill of Materials (BoM)					EF00
Modelo: DGW(TDX 18Z)					
					TIEMPO: (m)
Ref	CT	DESCRIPTION:	SUBBASY:	TYPE:	
0000	1	Chasis Principal Moto	NO	FCP	1
0141	1	Asiento Superior Rodamiento Manillar	NO	ACC	1
0142	1	Asiento Inferior Rodamiento Manillar	NO	ACC	1

Para este ejemplo se necesita 1 unidad de 0000 1 unidad de 0141 y 1 unidad de 0142 por lo que la BOM quedara así:

Table of EF000 - 2P	
File Edit View	
Dimensions	
Rows:	4
Columns:	1
	Set
	Select All
Product 1	
PO	1
0	1
141	1
142	1

Figura No. 56 EDIncontrol Configuración BOM

Se necesita la PO (Orden de producción más 3 materiales, 1 unidad de cada)

Es importante decir que el orden de los canales es crucial:

De Arriba abajo:

- Cuadro verde: PO – 1 Unidad
- Primer punto rojo: Material 0000 – 1 Unidad
- Segundo Punto rojo: Material 0141 – 1 Unidad
-

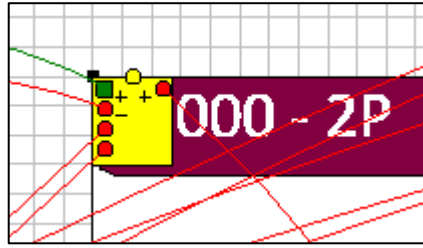


Figura No. 57 EDIncontrol configuración orden de los canales

Se unen el PO y los materiales, debe estar completo para que Assembler lo pueda ejecutar.

El Punto rojo de la derecha es el canal de salida, este punto se conecta a la siguiente operación, obviamente la salida del canal ira a la entrada (Punto verde de la siguiente operación)

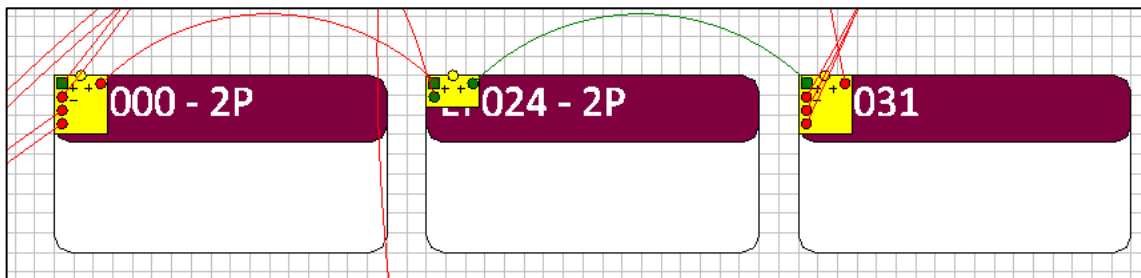


Figura No. 58 EDIncontrol operaciones concatenadas

En la Figura No. 58 EDIncontrol operaciones concatenadas se grafica un ejemplo de 3 operaciones de montaje donde el material acabado pasa a la siguiente operación, se le añaden materiales y en el tiempo indicado produce la siguiente pieza.

5.1.3 Simular operaciones en paralelo 2P

Para simular un trabajo en paralelo de dos operarios utilizar la operación Splitter con las propiedades para que operen dos líneas simultáneas.

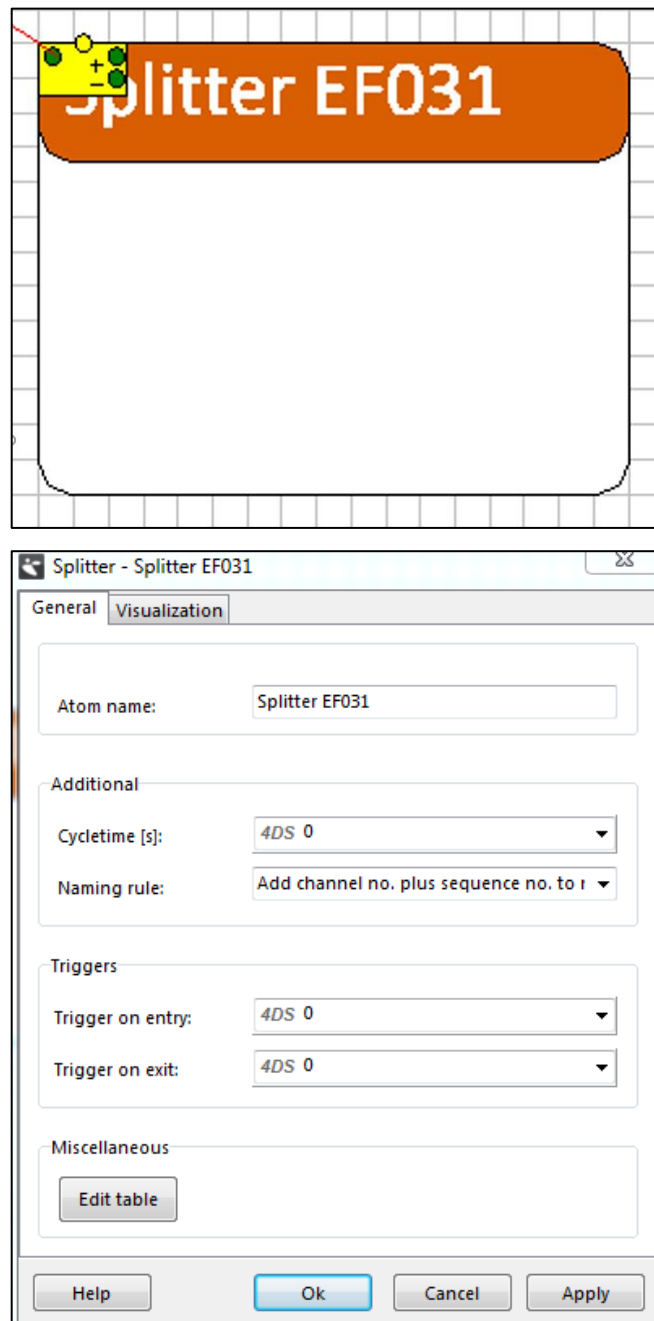
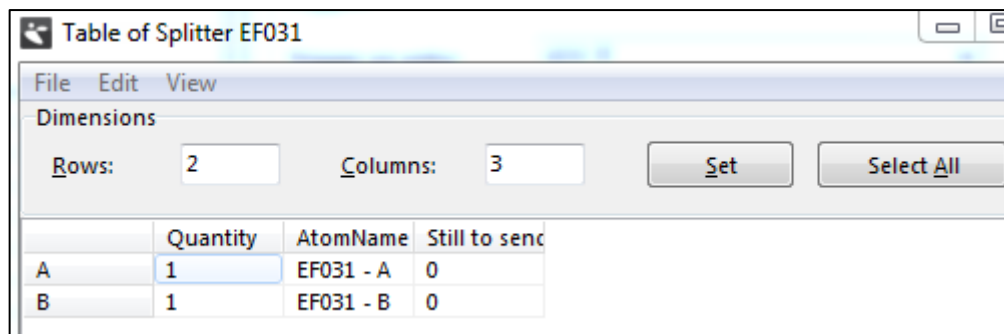


Figura No. 59 EDIncontrol Operación Splitter

- **Atom Name:** Se denominó Splitter y la operación que va a dividir en dos líneas de trabajo.

- **Naming Rule:** “Add Channel No. Plus sequence...” permite que a cada producto que salga le asigne una secuencia.
- **Cycletime:** Se incorpora tiempo 0 porque está emulando un trabajo en paralelo de dos operarios y una vez entra el producto montado te lo divide en 2 materiales sin pérdida de tiempo.
- **Edit Table:** Se da nombre a cada canal de salida para evitar que se generan nombres de producto iguales, que genera errores, Canal A asigna trabajo a operario A y Canal B al operario B.



	Quantity	AtomName	Still to send
A	1	EF031 - A	0
B	1	EF031 - B	0

Figura No. 60 EDIncontrol Tabla de Edición del Splitter

En el diagrama se observa el efecto del Splitter repartiendo dos tareas, la 001 y la 011

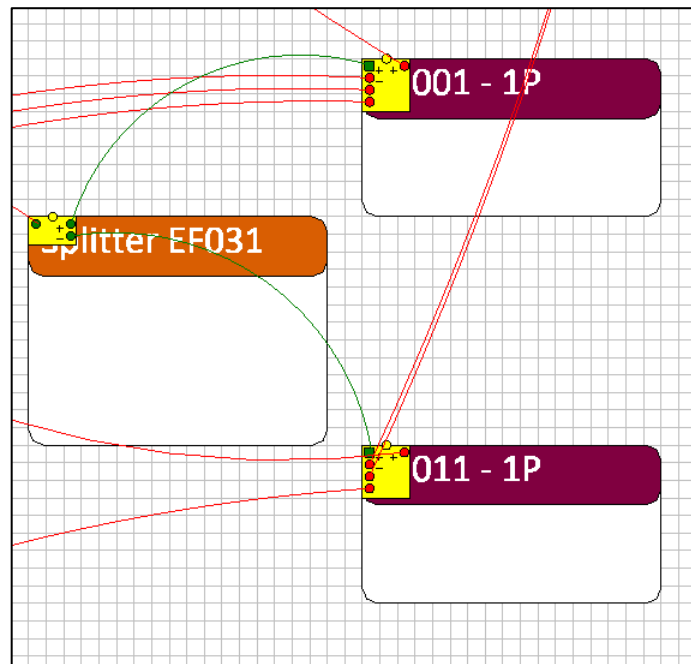


Figura No. 61 EDIncontrol Diagrama del splitter

Paso seguido se puede definir dos alternativas:

- Seguir haciendo una operación de 1P: En este caso se concatena el canal de salida a la siguiente operación.
- Volver a trabajar en una operación de 2 Personas: Usando una función Assembler a tiempo 0 para unificar el producto y alimentar la siguiente operación con el resultado de este Assembler.

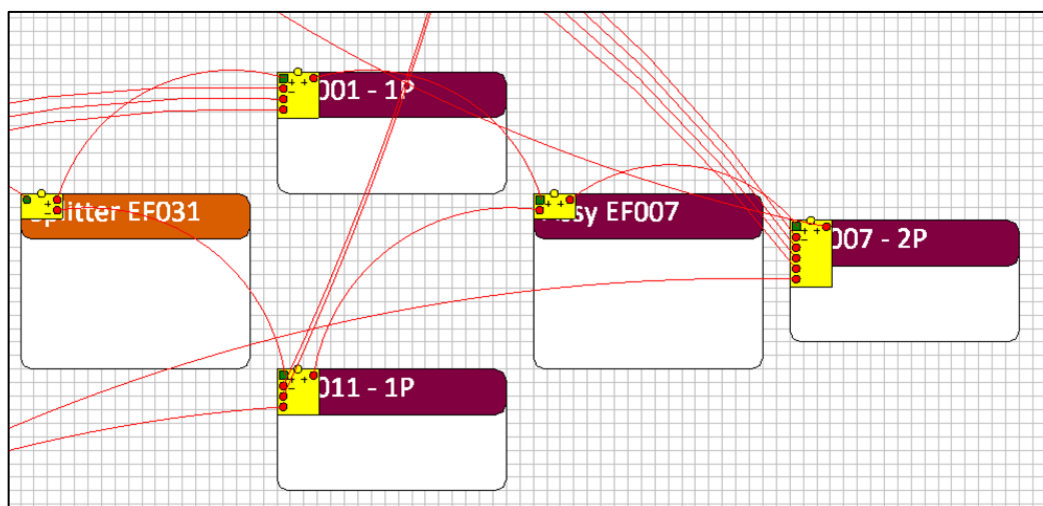


Figura No. 62 EDIncontrol diagramación alternativa Splitter

Las propiedades del Assembler como sigue:

The image shows two screenshots from the EDIncontrol software. The top screenshot is the 'Assembler - Assy EF007' dialog box, which has three tabs: 'General', 'Channels', and 'Visualization'. The 'General' tab is active, showing fields for 'Atom name' (Assy EF007), 'Settings' (Cycletime [s]: 4DS 0, Send to: 1, Display contents: checked, Pack contents: unchecked), 'Triggers' (Trigger on entry chn. 1: 4DS 0, Trigger on entry chn. 2-n: 4DS 0, Trigger on exit: 4DS Name(i) := [EF001-EF011]), 'Bill of Material' (Column reference b.o.m.: 4DS1, Edit b.o.m. table button), and 'Cut-Off Settings' (Use Cut-Off time: unchecked, Cut-Off time [s]: 4DS0). The bottom screenshot is the 'Table of Assy EF007' window, which has a menu bar (File, Edit, View) and a 'Dimensions' section with 'Rows: 8' and 'Columns: 1'. Below this is a table with the following data:

	Product 1
EF001	1
EF011	1

Figura No. 63 EDIncontrol configuración actividad 007

Básicamente Cycletime 0 seg, en nombre al producto denominar como la unificación de montajes previos, esto permitirá trazar el resultado de este material conjunto.

Hasta aquí se han definido las situaciones que simulan la fabricación:

- Materiales
- Operaciones Unitarias
- Trabajo en paralelo de operarios.

5.1.4 Estaciones de trabajo

Se procede luego a definir todos los trabajos de la línea de producción. Esto exige agrupar las operaciones en puestos de trabajo. Se definen como puestos de trabajo fijo en el cual dos operarios trabajan conjuntamente en la misma operación o en operaciones en paralelo.

Es necesario construir todos los puestos de trabajo para incluir un preensamble nuevo. Esto se configura con el átomo **Lock and Unlock**.

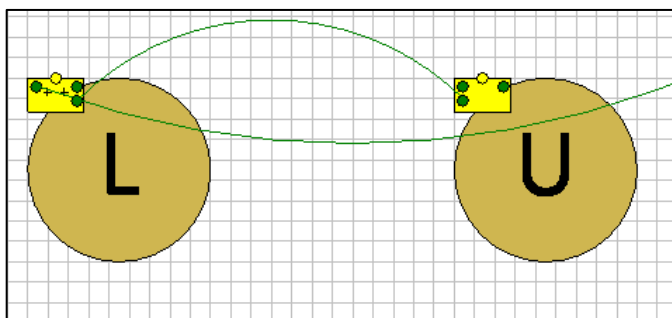


Figura No. 64 EDIncontrol Atomo Lock and Unlock

Basta incluir en L (Lock) el canal de entrada de un producto y unir el canal de salida inferior de L con U (Unlock) para que cuando el producto salga por U dé la orden de procesar un nuevo producto por quedar libre y así repetir las operaciones.

Basta con seguir la línea de ensamblajes y colocar un L al principio del puesto y un U al final. Todo lo que va entre L (Lock) y U (Unlock) se desarrolla a modo de trabajo fijo, no entrara un nuevo producto por L hasta que no salga uno por U. Es así como se modela un puesto de trabajo completo, en el cual se agrupa un número determinado de operaciones, con la posibilidad de trabajo de 2 personas en paralelo.

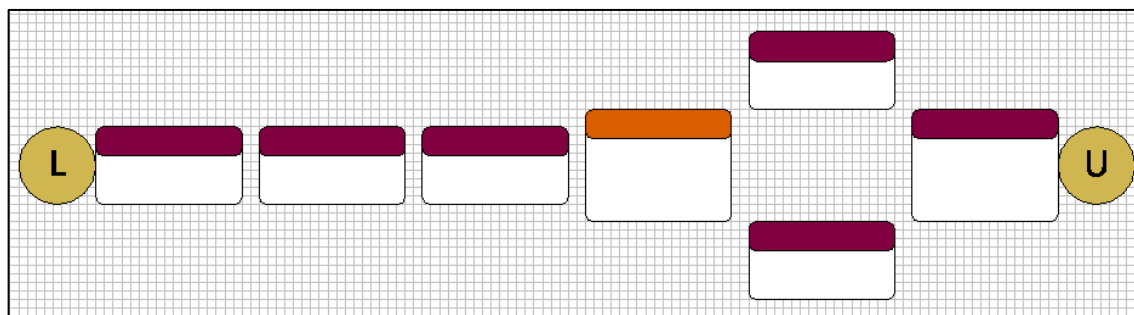


Figura No. 65 EDIncontrol puesto de trabajo completo

5.1.5 Interconectando estaciones de trabajo

Se ha definido el puesto de trabajo con raíles que interconectan estaciones como se ve en la Figura No. 66 Esquema puesto de trabajo

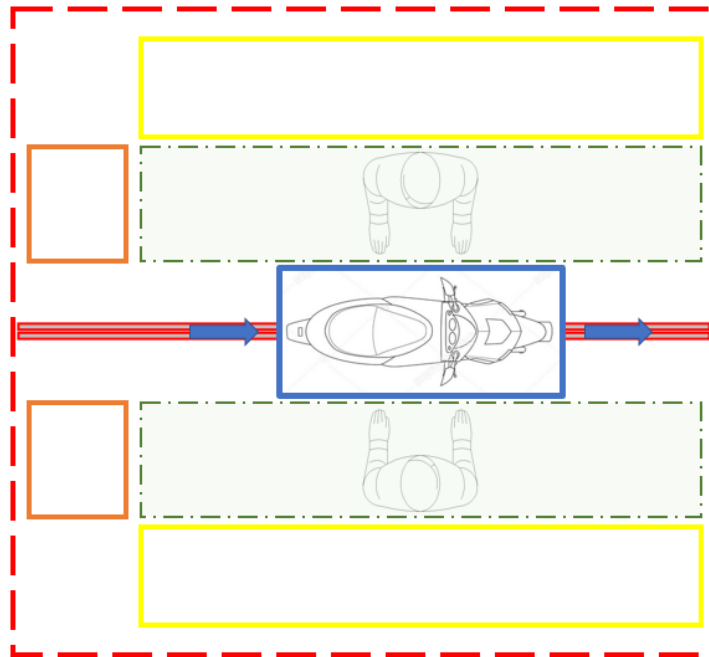


Figura No. 66 Esquema puesto de trabajo

Los raíles requieren de un tiempo de funcionamiento para desplazar el producto de un lado a otro, por lo que se utiliza **NON-Acumulative Conveyors**, que se ubican entre puestos para comunicar el producto acabado de un $P(X)$ con $P(X+1)$. Se utilizan dos Conveyors pudiendo almacenar un producto entre puesto y puesto. (En la Figura No. 67 EDIncontrol Interconexión de puestos de trabajo, las líneas azules son los Conveyors y el Queue se ubica en medio de ellos)

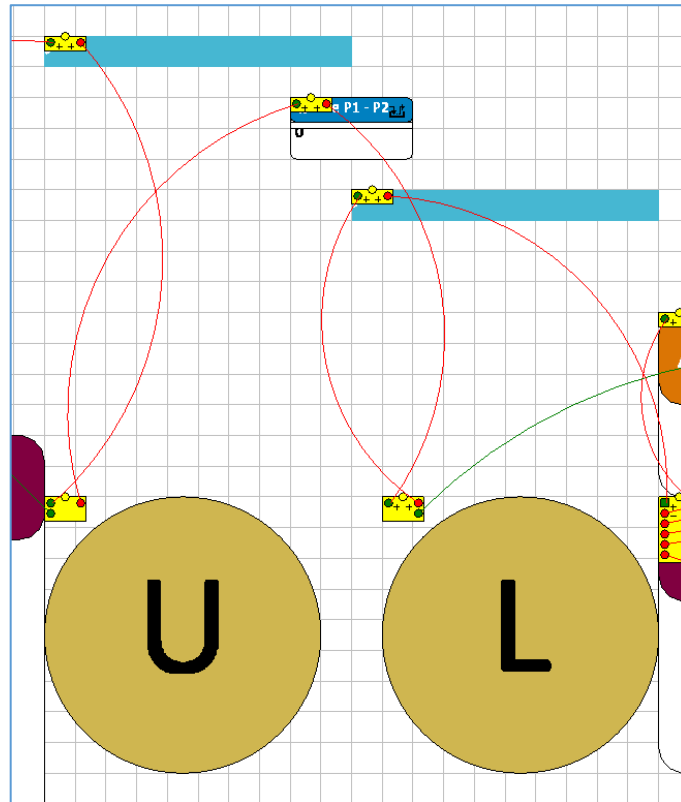


Figura No. 67 EDIncontrol Interconexión de puestos de trabajo

Como se puede apreciar de la última operación de X lleva al Conveyor, que mueve el producto fuera de la zona de layout, de manera que pueda ingresar otra unidad al puesto X para producción. El producto queda en el almacenaje Queue, a la espera que el proceso X+1 quede libre, y así pueda ingresar el material a (X+1). Es muy importante ver la conexión de canales:

Ultimo operación puesto X → Conveyor 1 → Unlock (Abre el puesto P(X) a un producto) → Queue (Aquí el producto espera a que lo pida el P(X+1)) → Lock (Cuando el puesto P(x+1) se queda libre puede pedir que entre la unidad acabada del puesto anterior) → Conveyor 2 → Primera operación puesto X+1

Configuración Conveyor 1 y 2

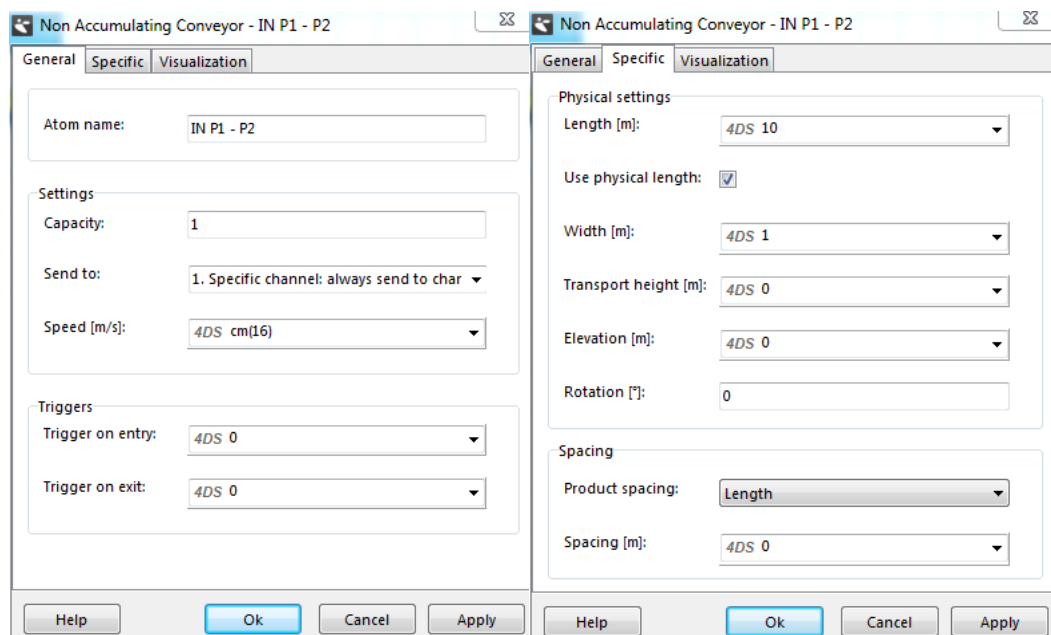


Figura No. 68 EDIncontrol. Configuración Conveyor

Como se ha definido la duración de 1 minuto, en la pestaña general en Speed (m/s) = cm (16) dado que la distancia en pestaña Specific es 10m \rightarrow 1000 cm a 16cm/s = 60s.

El atomo Queue se configura de la siguiente forma

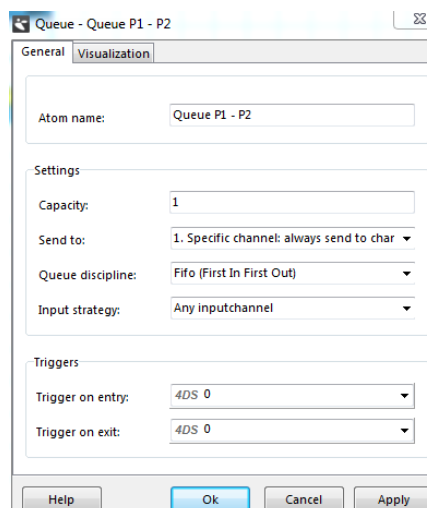


Figura No. 69 EDIncontrol configuración Queue

- **Capacity:** Marcar 1, Es una cola con solo capacidad 1, solo un producto puede esperar entre estaciones. Es el único parámetro que configurar.

De esta manera el puesto de trabajo quedaría así:

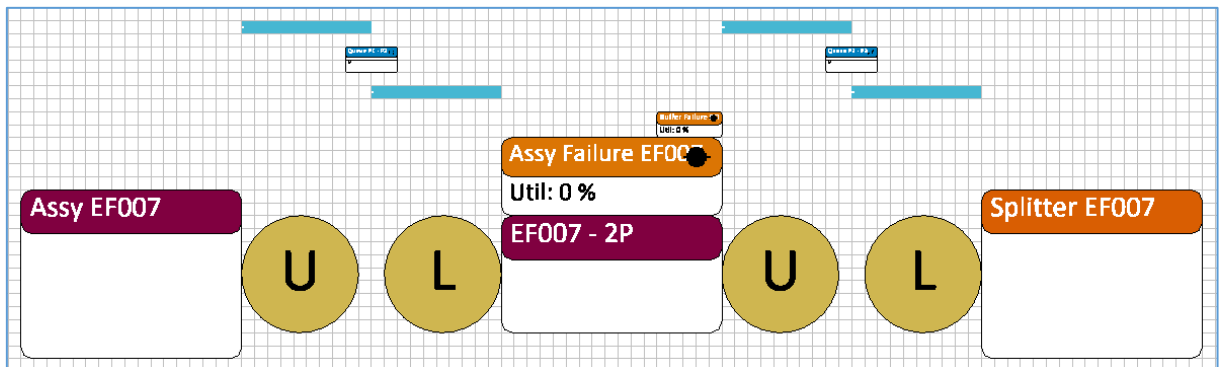


Figura No. 70 EDIncontrol, puesto de trabajo completo

El puesto 1 no tiene Conveyor al inicio ya que el proceso comienza con el chasis que ingresa como material desde la zona de materiales.

5.2 SIMULANDO FALLOS Y DISTORSION EN LA SIMULACION

Hasta el momento, el desarrollo del proyecto ha contado con la disposición de elementos en la simulación de forma que cumplen estrictamente con tiempos teóricos de montaje. La idea de este punto es simular algo más cercano a la realidad. Para ello, en los siguientes puntos, se va a intentar implementar en la simulación, factores desestabilizantes que se pueden dar, y que se dan, en la industria actual.

5.3.1 Simulando fallos de fabricación dentro de las operaciones:

Al sucederse los montajes encontrar con que ciertos ensamblajes, por diversos motivos, se ven afectados por fallos de montaje, dichos fallos generan tiempos extra de reparación que afectan al devenir normal de las operaciones.

Todos estos fallos suelen quedar registrados y forman parte cotidiana de la burocracia diaria de las fábricas. Normalmente gestionados por el departamento de Producción, aunque es fácil también encontrarlos entre los indicadores del departamento de Calidad.

La Tabla 14 Frecuencia y tiempos de fallos por operación, muestra un ejemplo de ello:

Tabla 14 Frecuencia y tiempos de fallos por operación

Op.	Descripción	Trabajadores	Tiempo OP. (s)	% Fallo	MCBF (Ciclos)	% Reparación	MTTR (s)
EF007	Montaje Horquilla Delantera	2P	1500	2%	50	20%	300
EF010	Montaje Centralita	2P	900	1%	100	70%	630
EF024	Montaje Rutado Mazo Electrico General	2P	420	10%	10	110%	462
EF004	Montaje Horquilla Trasera	2P	600	2%	50	20%	120
EF016	Montaje Rueda Delantera	2P	600	4%	25	10%	60
EF006	Montaje Suspension Trasera	2P	600	3%	33	5%	30
EF015	Montaje Rueda Trasera Motor	2P	1200	4%	25	10%	120
EF022	Montaje Velocimetro	2P	900	7%	14	130%	1170
EF025	Montaje Operación Conexionado	1P	900	14%	7	150%	1350
EF017	Montaje Mordaza Freno Trasero	1P	600	1%	100	5%	30
EF018	Montaje Mordaza Freno Delantero	1P	600	1%	100	5%	30
EF033	Montaje Reposapiés Delantero	2P	120	1%	100	120%	144
EF042	Montaje + Conexión Piloto Luz Trasero	1P	420	2%	50	60%	252
ET043	Montaje Asas Laterales	1P	360	1%	100	1%	4
EF046	Montaje Compartimento Asiento	1P	240	4%	25	70%	168
EF050	Test y Validado Final	2P	1200	3%	33	50%	600

Por una parte en la primera columna, poder ver las distintas operaciones, enumeradas por su distintivo EFXXX, conforme avanzan las columnas nos encontramos con estos indicadores, así pues:

- **% Fallo:** Se refleja cual es el porcentaje de casos en los que el montaje de la operación es incorrecta.
- **MCBF (Ciclos):** Para la facilidad de manejo respecto a la simulación, traducir el % a número de ciclos, ya que como se verá más adelante esta es una de las formas más fáciles de implementarlo
- **% Reparación:** Se suele hacer referencia en muchas ocasiones a este valor, ya que las distintas operaciones y sus duraciones suelen dar a fallos que cuesta repararse una proporción muy elevada del tiempo total de montaje, incluso mayor del 100%.
- **MTTR (s):** Al igual que se ha visto antes con el MCBF, utilizar un tiempo de reparación es más cómodo que un porcentaje a la hora de implementar en la simulación.

Para simular la información definida en la tabla se utiliza la función Server, que es la única que permite configurar este tipo de información. Decir también que la función Server, simula fallos en máquina, no en producto, por lo se explicará también, como hacer para que esto se pueda utilizar correctamente.

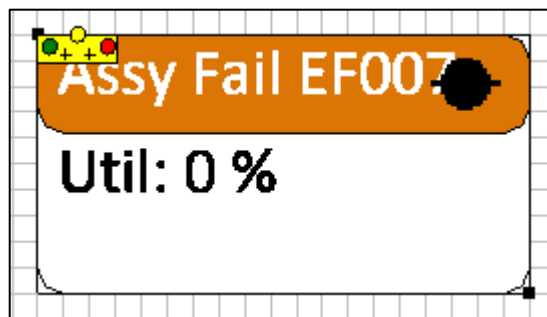


Figura No. 71 EDIncontrol Función server

Se van a utilizar, dos átomos Server a la salida de la operación de montaje. Es necesario poner dos, con un átomo Server, no se bloquea el producto, sino que lo deja pasar dejando la máquina en estado reparación un tiempo MTTR. Esto simplemente no es adecuado porque debe quedar ese producto atascado en el Server hasta que la reparación se complete.

Al configurar 2 server se juega con las estrategias de los canales de salida, haciendo que el Trigger bajo rotura bloquee la salida del siguiente Server hasta que el Trigger tras reparación la abra.

Se denominarán los Servers de la siguiente manera, “Assy Failure EFXXX” al Server que asigna el fallo y “Buffer Failure EFXXX” al Server que retiene la pieza.

Para configurar correctamente ver la siguiente figura:

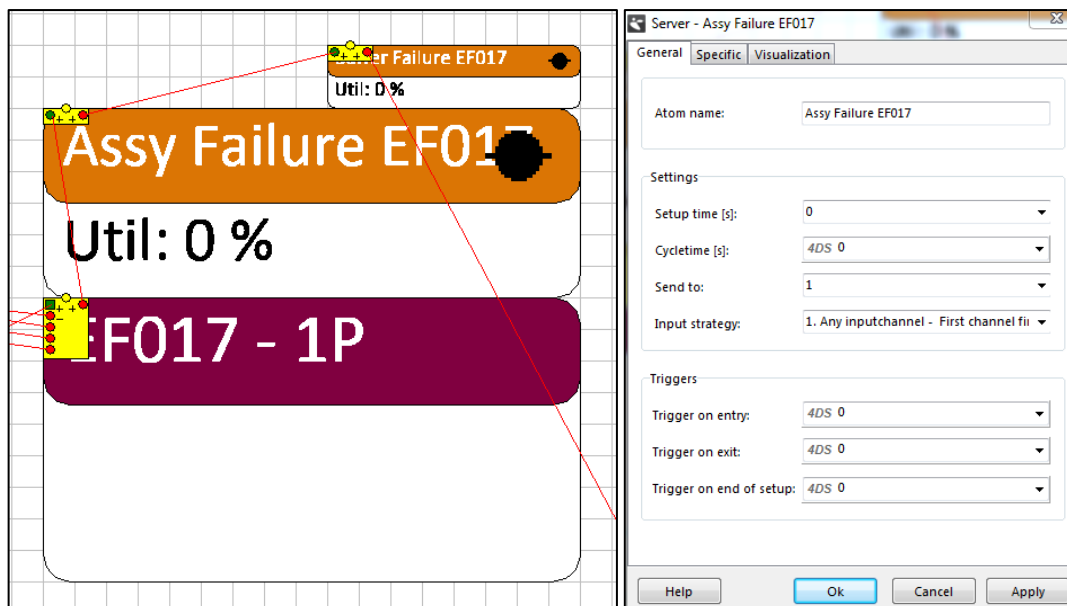


Figura No. 72 EDIncontrol Assy Failure

Al igual que se ha hecho anteriormente con otros átomos, se asigna el nombre del átomo y en Cycletime se deja en 0 segundos, haciendo que, el tiempo de permanencia sea inexistente para los casos en los que no se da fallo.

Para poder configurar fallos en servers, hay que pasar a la siguiente pestaña, o pestaña “Specific” según la versión de EDIncontrol que se esté utilizando.

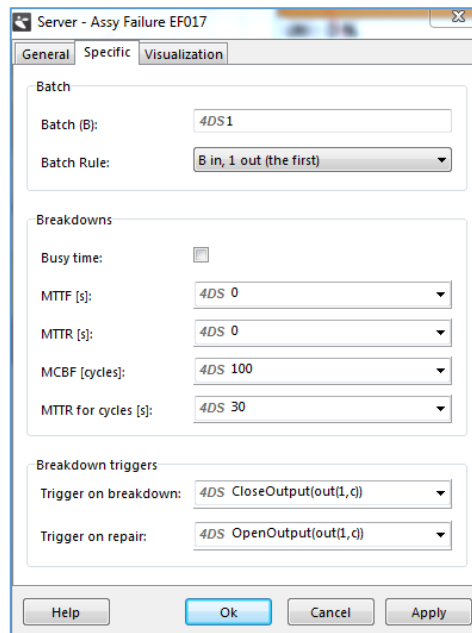


Figura No. 73 EDIncontrol Ventana Specific Server Assembly.

Para configurar el funcionamiento deseado aquí, utilizar la *Tabla 14 Frecuencia y tiempos de fallos por operación* y asignamos valores de MCBF y MTTR.

Para jugar con la estrategia de apertura y cierre del siguiente Server, configurar los apartados Trigger on Breakdown y Trigger on Repair, para esto se debe introducir en sus ventanas comandos 4DScript tal que así:

- **Trigger on Breakdown:** Es el que cierra la puerta del siguiente Server cuando falla.

`CloseOutput(out(1,c))` → Cierra la salida del siguiente átomo

- **Trigger on repair:** Cuando pase el tiempo la abre de nuevo y la producción sigue:

`OpenOutput(out(1,c))` → Abre la salida del siguiente átomo

A continuación se puede ver un ejemplo de fallo de ensamblaje:

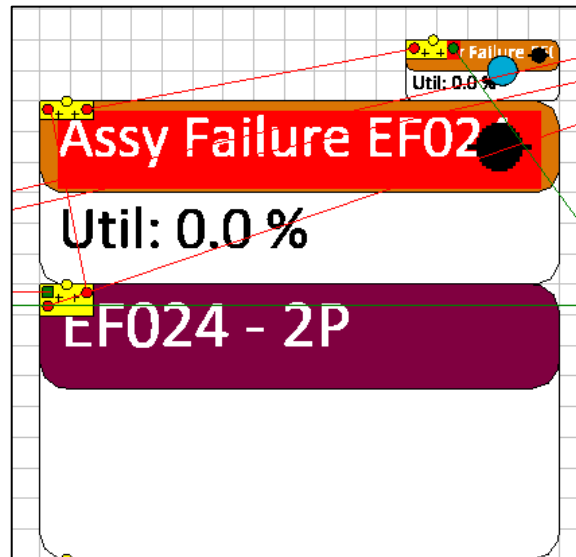


Figura No. 74 Ejemplo de la falla reteniendo la pieza

Al darse un fallo, el Server que falla se señala en rojo, y bloquea el canal de salida del server Buffer (también en rojo) reteniendo el producto, representado por el punto azul. Una vez el tiempo de reparación pase, el Server volverá al funcionamiento habitual y abrirá el canal del Server Buffer, dejando pasar la pieza consumiéndose el tiempo de fallo.

5.3.2 Simulando fallos de calidad dentro de los materiales:

Al igual que el caso de fallos de montaje, una gran parte de tiempo de subsanación de errores puede provenir de los defectos en las calidades de los materiales, piezas que no encajan, defectos estéticos, piezas rotas, problemas en las tolerancias o defectos en los tratamientos superficiales. Todos ellos generan una pérdida de tiempo que influye enormemente en el balanceo y normal funcionamiento de la línea de ensamblaje.

Al igual que en el caso anterior, todos estos fallos suelen quedar registrados y forman parte cotidiana de la burocracia diaria de las fábricas. Normalmente gestionados por el departamento de Calidad y referidos generalmente por proveedores, al final es a ellos a quien se les imputa este tipo de defectos y los que suelen pagar el arreglo, de una forma u otra.

En la tabla BoM, se refleja esto de forma sencilla, diferenciando proveedores según el tipo de material que fabrican:

Tabla 15 Tipos de Materiales

Nom.	Descripción:
ACC	Accesory Moto
CCC	Casted Cromated Component
CPI	Cover Inyected Plastic
CPP	Cover Painted Plastic
CCP	Cover Cromated Plastic
BLT	Bolting
EMC	Electrical Manufactured Component
FCP	Frame Casted Paint

Por el elevado numero de materiales a tener en cuenta se ha preferido eliminar ciertos proveedores de la lista de materiales con fallos de calidad. Se eliminan del proceso de fallo:

- **BLT:** La tornillería viene en gavetas a granel, al detectar un tornillo defectuoso se descarta, no tiene un tiempo asociado excesivo y se prefiere eliminar.
- **CCC,CPI, CPP, CCP:** Los cromados, piezas plásticas embellecedoras con un simple análisis visual en un filtro o muro de calidad pueden ser descartados. Aunque en estos materiales podrían darse otros fallos, pero se obvian.

Del resto de referencias, anotar en una tabla, al igual que el caso anterior, los elementos que se insertan en la simulación con probabilidad de fallo, como se ve a continuación:

Tabla 16 Materiales críticos

Ref#	Descripcion	% Fallo	Tiempo (s)	MCBF (Unidades)	Fallo Leve	MTTR (s)	Fallo Grave	MTTR (s)
0000	Chasis Principal Moto	10%	420	10	80%	21	20%	504
0026	Contacto Llave general	1%	300	100	10%	15	90%	360
0044	Mando Izquierdo	2%	360	50	5%	18	95%	432
0061	Freno Delantero Derecho	1%	600	100	90%	30	10%	720
0069	Velocimetro	3%	900	33	25%	45	75%	1080
0075	Freno Trasero Izquierdo	5%	600	20	90%	30	10%	720
0086	Cableado General Mazo	5%	1320	20	5%	66	95%	1584
0107	Motor Brushless Integrado en Rueda	7%	1200	14	2%	60	98%	1440
0129	Cableado Controlador	12%	300	8	5%	15	95%	360
0130	Controlador Electrico	2%	300	50	1%	15	99%	360

Es de reseñar, la diferencia entre fallos de montaje y de calidad, aquí la casuística es distinta. Comentaremos la primera columna, donde veremos enumerados los materiales que se van a insertar con probabilidad de fallo. Este caso es distinto al caso anterior, por lo que es de valor revisar las siguientes líneas que son explicativas de la tabla

- **% Fallo:** Veremos reflejada cual es el porcentaje de casos en los que el material detecta un fallo de calidad. Aquí daría igual el tipo de fallo.
- **MCBF (Ciclos):** Para la facilidad de manejo respecto a la simulación, traducir el % a número de ciclos, ya que como se verá más adelante esta es una de las formas más fáciles de implementarlo.

A partir de aquí se puede ver la diferencia, una vez el fallo de calidad falla se abren 2 escenarios, uno de fallo leve de fácil solución, y uno de fallo grave con solución más complicada. Tras detectarse un fallo la probabilidad de que ocurra un fallo grave o uno leve esta también asignada y recogida en la tabla.

- **Fallo Leve:** El operario da cuenta del fallo una vez posiciona el sistema y procede a eliminarlo de forma rápida.
- **Fallo Grave:** Debido generalmente a fallos de funcionamiento de componentes, este fallo se da normalmente en componentes ya montados, a los cuales se testea su funcionamiento después de montaje. Cuando fallan, generalmente requieren de prácticamente el desmontaje completo y la vuelta a montar.
- **MTTR (s):** Al igual que hemos visto antes con el MCBF, utilizar un tiempo de reparación es más cómodo que un porcentaje a la hora de implementar en la simulación. Aquí para fallo grave, ver que la reparación requiere de mucho más tiempo que para fallo leve.

Comentado esto, pasar a la aplicación en la simulación. Aunque se podría pensar que el funcionamiento de fallos de calidad se puede simular igual que el de fallos de montaje, pero es bien distinto, el fallo de calidad se suele obtener antes de realizar el montaje o en los primeros momentos de este. Por lo que su implementación se realizara previamente a la colecta de materiales.

Al funcionar esto así, el caso del doble Server anterior es inútil ya que teniendo el Queue de proporcionar material detrás se forman colas intermedias que hacen que el sistema falle. De lejos, la mejor opción que he encontrado es encerrar el Server con el modo de fallos entre dos átomos Lock and Unlock. Esto hace que las piezas se revisen de una en una, además poder configurar el átomo Unlock similar al Server Buffer del caso de materiales. Quedaría tal como se ve a continuación.

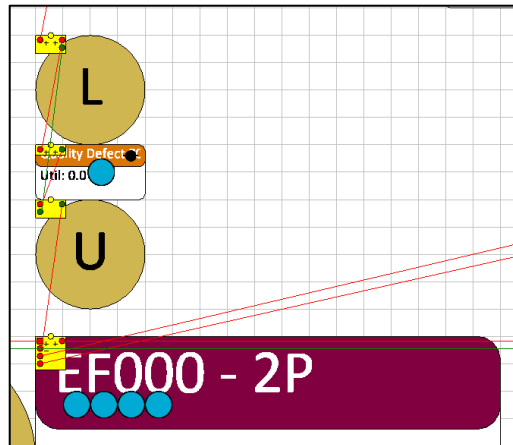


Figura No. 75 EDIncontrol . Esquema para simular la fallo de calidad de materiales

Configurar el Server en este caso es exactamente al caso anterior. Salvo por el detalle de fallo leve y fallo grave. Esto se simulará incluyendo una función Bernoulli(p) en el apartado de tiempos MTTR

Figura No. 76 EDIncontrol. Ventana Specific Server Quality

Para configurar el funcionamiento deseado aquí, utilizar la *Tabla 14 Frecuencia* y tiempos de fallos por operación y todos los valores saldrían de aquí.

El caso especial de fallo leve – grave, se configura desde el MTTR.

- **MTTR:** Al tener dos opciones configuraremos la distribución Bernoulli($p,0,1$)
 - **p:** Sera el porcentaje de que se de el fallo leve, sacar de tabla.
 - **0:** Valor de tiempo para fallo leve, sacar de la tabla
 - **1:** Tiempo de reparación para fallo grave, sacar de la tabla

Bernoulli(80,21,501) → Al darse error hay un 80% de probabilidades de fallo leve (20% grave), si el fallo es leve, espera de 21s, si es grave 501s.

Para jugar con la estrategia de apertura y cierre del siguiente Server, al igual que el caso anterior, rellenar los apartados Trigger on Breakdown y Trigger on Repair, para esto se debe configurar sus ventanas con comandos 4DScript tal que así:

- **Trigger on Breakdown:** Es el que cierra la puerta del siguiente Server cuando falla.

CloseOutput(out(1,c)) → Cierra la salida del siguiente átomo

- **Trigger on repair:** Cuando pase el tiempo la abre de nuevo y la producción sigue.

OpenOutput(out(1,c)) → Abre la salida del siguiente átomo

A continuación se puede ver un ejemplo de fallo de ensamblaje:

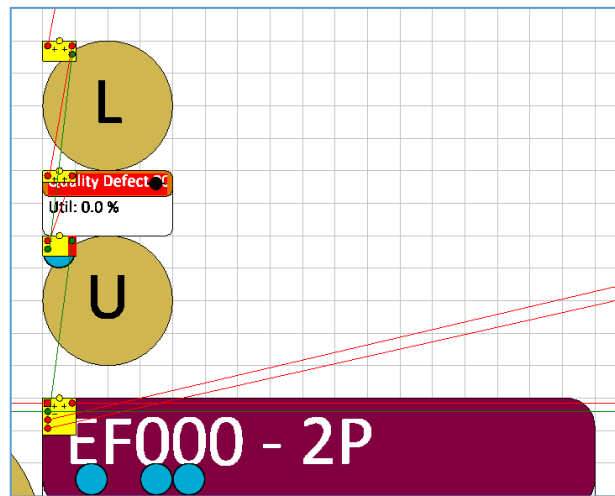


Figura No. 77 EDIncontrol. Esquema con fallo de calidad de materiales

Se comprueba que el Server en rojo indica que el server está fallando, en el caso de fallo por calidad del material, la configuración bloquea la salida del Unlock hasta que el tiempo de reparación (sea leve o grave) pase. Esto bloquearía el comienzo de la operación EF000 hasta que se subsane el error y simularía perfectamente un fallo de calidad.

5.3.3 Simulando variabilidad en procesos

Se supone que hasta el momento, se ha tratado los procesos de las operaciones, como procesos fijos, en los cuales el tiempo por operación es fijo. Esto no es del todo correcto, los procesos, pueden ser fijos, los tiempos de máquina, tiempos espera son claros ejemplos de ello. Pero al hablar de procesos humanos esto es bien distinto, cualquier proceso que se vea afectado por la labor humana, por naturaleza es variable, las distracciones, el cansancio, la repetibilidad de tareas afectan al libre albedrío del funcionamiento del cuerpo humano, haciendo que si bien, el tiempo pueda ser parecido, al repetir una tarea nuestro cuerpo nunca la hará igual, produciendo una ligera variabilidad.

Para el caso actual y sin querer entrar en más detalles, la intención aquí es buscar una solución real de manufactura y para ello se intentará modelizar de forma breve este caso que acontece.

Visto las variables que utilizamos en el modelo simulado, y las capacidades en el propio programa EDIncontrol, se introducirán variabilidades en 2 puntos del proceso:

- **Tiempo proceso de operación:** En el modelo se han introducido tiempos medidos, para introducir algo de variabilidad, una de las distribuciones más usadas podría ser la de lognormal($\sigma=2$).

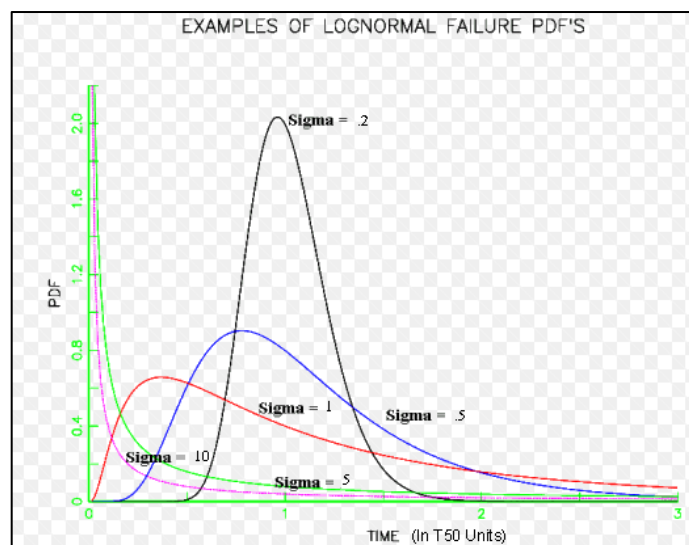


Figura No. 786 Ejemplo distribuciones lognormal

Para implementar esto en las operaciones bastaría con introducir en las opciones de la operación:

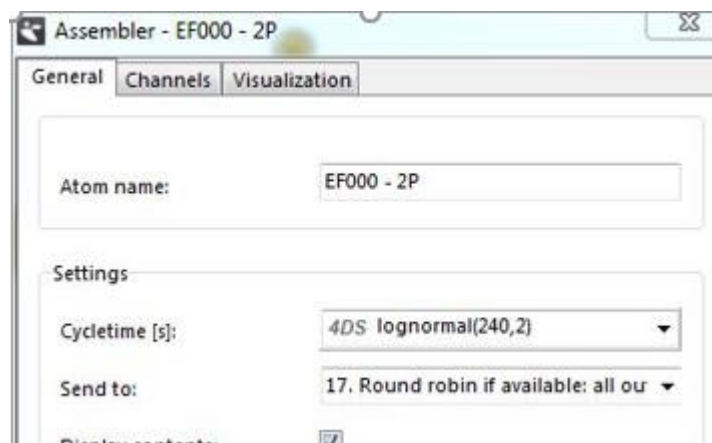


Figura No. 797 Opciones Variabilidad Operation

Lognormal(240,2)→ El Cycletime de la operación es un tiempo distribuido lognormal de media 240 s y $\sigma=2$

- **Tiempo de reparación en fallos de montaje:** Al igual que los tiempos de operación los tiempos de reparación en caso de un Assembly fail, se ven afectados por la variabilidad, en el caso de reparación utilizar una distribución de poisson($\lambda=4$).

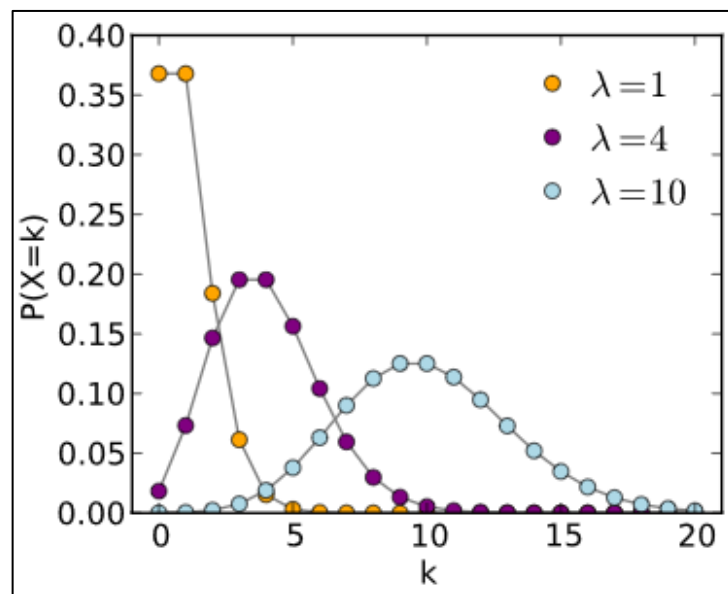


Figura No. 808 Ejemplo distribuciones poisson

Para implementar esto en las operaciones bastaría con introducir la formula 4DScript en las opciones del server de Assembly fail, pestaña Specific.

Server - Assy Failure EF024

General Specific Visualization

Batch

Batch (B): 4DS1

Batch Rule: B in, 1 out (the first)

Breakdowns

Busy time: ☐

MTTF [s]: 4DS 0

MTTR [s]: 4DS 0

MCBF [cycles]: 4DS 10

MTTR for cycles [s]: 4DS poisson(462,4)

Figura No. 819 Opciones Variabilidad Assembly fail

poisson(462,4) → El MTTR de la operación es un tiempo distribuido según poisson de media 462 s y $\lambda=4$

6. OBSERVACIONES Y RESULTADOS

6.1 MODELOS DE ESTUDIO

Desde la toma de datos y a lo largo de los puntos anteriores se ha desarrollado un estudio concreto de industrialización del producto, en este punto se reunirán todas las características que definen dicha industrialización y que a la postre serán las que establezcan el modelo exacto en el cual se basarán las observaciones.

Así mismo, uno de los fines de este PFC es lograr una validación de datos y crear herramientas que sean válidas para analizarlos, partir entonces desde una valoración del modelo inicial, o perfecto, e ir incluyendo información, que en adicción al modelo perfecto convierte este en un modelo real. La mejor forma de exponer este desarrollo sin duda es establecer etapas, y que los modelos de estudio o simulaciones contengan progresivamente más etapas aplicadas y así poder comprobar, simulación a simulación la transición desde un modelo teórico, a uno más real.

Enumerar entonces las distintas etapas que han conformado el proyecto y a posteriori las simulaciones en las que se basará el estudio.

6.1.1 Etapas de estudio

Etapas de estudio

Etapas de estudio

Incluir en esta etapa el modelo de layout base, basado en el estudio del esquema PdM bajo la condición de tak-time mínimo (máxima producción).

- Detalles constructivos elemento industrializado:
 - Producto en estudio: Ciclomotor eléctrico
 - Modelo: DGW(TDX 18Z) 1500W
 - Número total de componentes: 164 Componentes

- Número total de componentes a ensamblar: 361 Unidades

- Detalles de ensamblaje y procesos implicados:
 - Totales operaciones de ensamblaje: 51 Operaciones
 - Numero estaciones de montaje: 11 Estaciones
 - Numero de operarios: 22
 - Tiempo promedio de operación: 479 Segundos
 - Distribución de tiempos: NO
 - Tak-Time Base: 25 Minutos de proceso + 2 Minutos de Conveyors
 - Work Content total: 550 Minutos

Etapla 2 – Fallos de ensamblaje

A partir de datos reales de fábricas ya establecidas, se modelizarían aquí los fallos y efectos debidos a fallos de ensamblaje.

- Detalles relacionados con fallos de ensamblaje:
 - Operaciones afectadas: 16 Operaciones
 - Porcentaje promedio de fallo: 4%
 - Tiempo medio de resolución de fallo: 342 s

Etapla 3 – Fallos de Calidad

A partir de datos reales de fábricas ya establecidas, se modelizarían aquí los fallos y efectos debidos a fallos en la calidad de los componentes.

- Detalles relacionados a los fallos de Calidad:
 - Componentes afectados: 10 Componentes
 - Porcentaje promedio de fallo: 5%
 - Porcentaje promedio fallo leve: 1,55%
 - Tiempo medio de resolución de fallo leve: 32 s
 - Porcentaje promedio fallo grave: 3,45%
 - Tiempo medio de resolución de fallo grave: 756 s
 - Tiempos de reparación de fallo de calidad distribuidos según: Bernoulli

Etapas 4 – Variabilidad en procesos y fallos

Se pasa de tiempos fijos medios en el modelo, a introducir tiempos variables distribuidos según el tipo de proceso.

- Detalles relacionadas a variabilidad de procesos:
 - Tiempos de procesos de operaciones distribuidos según: lognormal($\sigma=2$)
 - Tiempo de reparación de ensamblaje distribuidos según: poisson($\lambda=4$)

6.1.2 Simulaciones propuestas

Basándonos en las etapas previamente definidas es fácil establecer simulaciones que nos permitan obtener resultados válidos para el análisis dado que son lo suficientemente explícitas por si mismas. Lo lógico aquí sería establecer tantas simulaciones como etapas, pero, iremos un poco mas allá estableciendo una simulación extra dado que se quieren analizar valores tanto en fallos de calidad puros como en fallos de ensamblaje. Ambos son fallos del sistema, ambos perturban el modelo, pero cada uno proviene de un origen distinto y su mitigación requiere de acciones distintas.

Es por esto que a partir de aquí se pueden establecen las 5 simulaciones en estudio:

Simulación 1 – Modelo Base

Basada exclusivamente en modelo teórico.

Tabla 17 Tabla Simulación 1

	<i>Uso</i>
<i>ETAPA 1</i>	SI
<i>ETAPA 2</i>	NO
<i>ETAPA 3</i>	NO
<i>ETAPA 4</i>	NO

Simulación 2 – Modelo fallos montaje

Se incluyen únicamente fallos de montaje.

Tabla 18 Tabla Simulación 2

	<i>Uso</i>
<i>ETAPA 1</i>	SI
<i>ETAPA 2</i>	SI
<i>ETAPA 3</i>	NO
<i>ETAPA 4</i>	NO

Simulación 3 – Modelo fallos calidad

Se incluyen únicamente fallos calidad.

Tabla 19 Tabla Simulación 3

Uso	
ETAPA 1	SI
ETAPA 2	NO
ETAPA 3	SI
ETAPA 4	NO

Simulación 4 – Modelo fallo montaje y calidad

Se incluyen ambos fallos por defectos de montaje y calidad.

Tabla 20 Tabla Simulación 4

Uso	
ETAPA 1	SI
ETAPA 2	SI
ETAPA 3	SI
ETAPA 4	NO

Simulación 5 – Modelo real

A los fallos por defectos se le suma la variabilidad de procesos

Tabla 21 Tabla Simulación 5

Uso	
ETAPA 1	SI
ETAPA 2	SI
ETAPA 3	SI
ETAPA 4	SI

6.2 EXTRACCIÓN DE OBSERVACIONES DE LOS MODELOS

Con los modelos planteados en el software de simulación el siguiente punto que atañe es la extracción de resultados de dicho modelo. Para ello, lo primero que se debe plantear es que cuestiones se quieren medir de las distintas simulaciones.

La respuesta a la pregunta es simple, por una parte, la creación de un layout de fabricación que atienda a la configuración que maximice la capacidad de producción, crear la necesidad de observar dicha capacidad extrayéndola del propio modelo, por otra parte, al partir de un modelo de simulación teórico perfecto al cual sucesivamente se le han ido añadiendo distintos tipos de variabilidades y fallos otro dato digno de ser observado es la saturación del sistema debida a dichas perturbaciones.

En el siguiente punto se desarrolla la forma de hacer esto.

6.3.1 Observación de la capacidad de producción en los modelos planteados

Con el objetivo de observar la capacidad real de los modelos hay que tener en cuenta varias cosas:

- Definir la capacidad de producción como el dato medio de unidades producidas por hora.

$$\textit{Produccion por hora} = x = \frac{\textit{Total unidaes producidas (Un)}}{\textit{Tiempo (h)}}$$

- El punto de medida, establecer este punto para la simulación, a la salida de la última estación de montaje. Es obvio que un producto no acabado no cuenta como una unidad producida, pero al tratarse de una línea de producción serie, sin stocks intermedios, la capacidad en cualquier estación de montaje siempre es la misma. Por lo que cualquier otro punto sería igual de valido.

- Para el estudio de la capacidad real de producción siempre hay que tener en cuenta los tiempos propios de llenado de estaciones. En el caso que atañe, basado en 11 estaciones este tiempo está en torno a las 5h.
- Al suponerse que se está representando una producción real, el periodo de observación tiene que estar en concordancia de una forma aproximada con la realidad de toma de datos de una fábrica real. Aprovechamos que el modelo basado en un software de simulación puede acelerar los procesos de forma acentuada, establecer este período de observación en 1 trimestre de producción, lo que traducido a horas de producción continuada sería:

- Horas por turno = 8
- Turnos por día = 3
- Días por semana = 5
- Semanas por trimestre = 12
- **Total horas de observación = 1440 h ~ 1500h**

A la hora de la extracción de datos del modelo se podría hablar que para el caso concreto de la capacidad EDIncontrol dispone de un módulo dedicado a tal efecto, sería:

- Generic Monitor.



Figura No. 82 EDIncontrol Generic Monitor

Como bien indica el nombre del átomo, se trata de un monitor genérico, el cual viene configurado para mirar varios valores directamente del átomo.

Para configurarlo seguir las siguientes instrucciones:

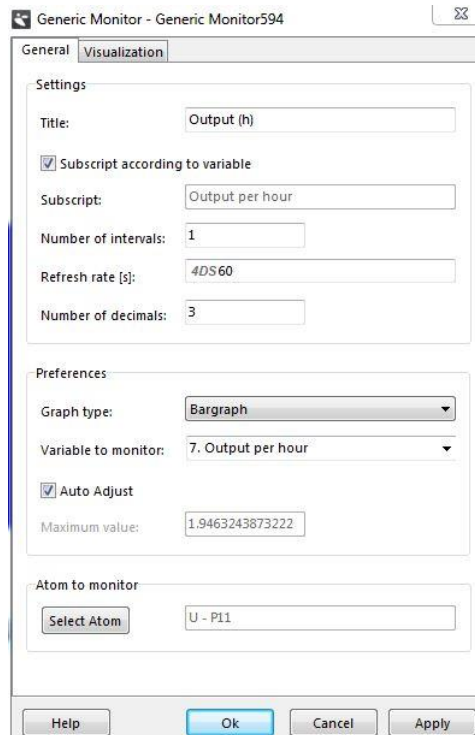


Figura No. 83 EDIncontrol Generic Monitor Options

La mayoría de las opciones han sido explicadas anteriormente, así que para este caso solo explicar la pestaña preferences:

- Graph tipe: Bargraph.

El Bargraph además de dar la capacidad por hora en formato barra, indica el valor obtenido pareado con el tiempo, por lo que es de especial interés.

- Variable to monitor: Output per hour

Esta preconfigurada, así que no bastará con elegirla, haciendo una inspección en su código 4DScript se corresponde con lo esperado.

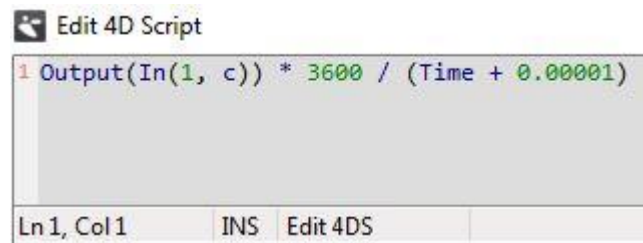


Figura No. 84 EDIncontrol 4DScript Output per hour

Para que el átomo Generic Monitor muestre el valor bastará con incluirlo a la salida del puesto 11, justo antes del átomo.

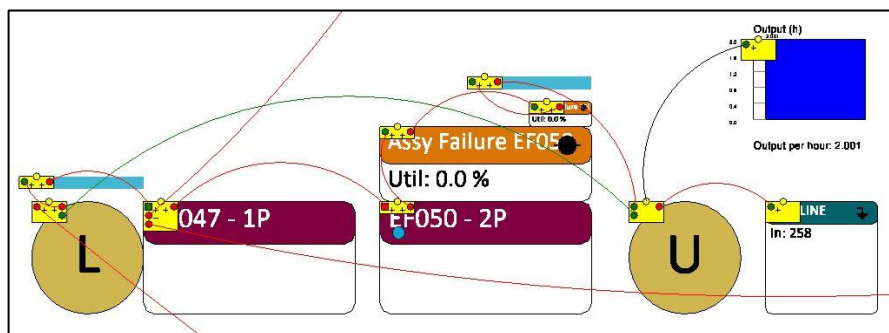


Figura No. 85 EDIncontrol Conexión Generic Monitor

6.3.2 Observación de la saturación de la línea

Aquí primero matizar el concepto saturación, primeramente, una forma de entender el concepto saturación si directamente lo denominamos con el más que conocido cuello de botella. Si bien, se utilizará el término saturación ya que este concepto casa mejor con el concepto línea de producción.

Dicho esto, se enumeran las cuestiones a tener en cuenta a la hora de estudiar la saturación de la línea de producción.

- Para la definición de saturación, tener en cuenta que, la producción continua en una línea pura carece de stocks intermedios, por lo que el estudio o conocimiento de puntos saturados, en los cuales el material se acumula son inexistentes. La sobreproducción no es el problema, sino todo lo contrario, encontraremos zonas saturadas aquellas en las cuales sus posiciones anteriores se ven afectadas de falta de trabajo.
 - Para determinar el punto de medida valido, tener en cuenta que, partimos de un modelo de 11 puestos de montaje consecutivos, tomaremos el puesto de montaje como una unidad elemental y las observaciones por lo tanto estarán basadas en cuanto al alcance de estas unidades mínimas.
 - Para el estudio de la capacidad real de producción siempre se han que tener en cuenta los tiempos propios de llenado de estaciones. En el caso que nos atañe, basado en 11 estaciones este tiempo está en torno a las 5h.
 - Al suponer que se esta simulando una producción real, hay que tener en cuenta un tiempo de estabilización el modelo, en el caso de la medida de saturación, para estar seguros de la estabilidad del dato deberá de pasar un tiempo definido. El calculo de este tiempo es complicado, por lo que aplicaremos la lógica del punto anterior, en el cual el trimestre es una base de medida suficientemente larga como para obtener una estabilización de resultados.
- **Total de horas de observación = 1440 h ~ 1500h**

Para la extracción de resultados del modelo, en el caso de la saturación podemos encontrar ciertos problemas que en el punto anterior podían gozar de cierta facilidad de solución.

El primer punto a tener en cuenta es que, desde el software de simulación, no tenemos ningún átomo preconcebido que simule el rendimiento de conjuntos de átomos como los que el puesto de trabajo pueda contener.

Esto de una forma nos hace cambiar el concepto de observación tal como lo conocemos, no obtendremos la observación de la variable en estudio si no de una derivada de esta, que si se puede medir.

De entre las opciones disponibles la solución más directa pasa por el estudio de ocupación de los átomos Queue dispuestos entre estaciones. Como bien se explico en puntos anteriores, este elemento Queue, simula la interfase entre dos puestos de trabajo, es el único stock intermedio entre estaciones que podemos encontrar en la línea.

La propuesta de observación aquí, está basada en el estudio de ocupación de dicho átomo:

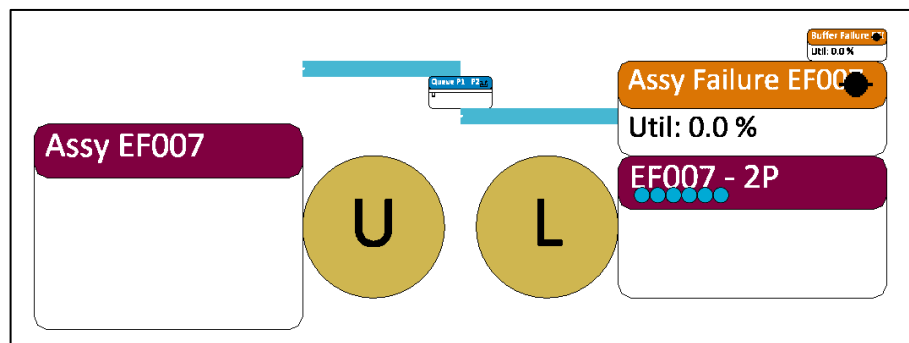


Figura No. 86 EDIncontrol Medicion Atomo Queue

El átomo elegido para la toma de resultado en este caso será entonces:

- Status Monitor.

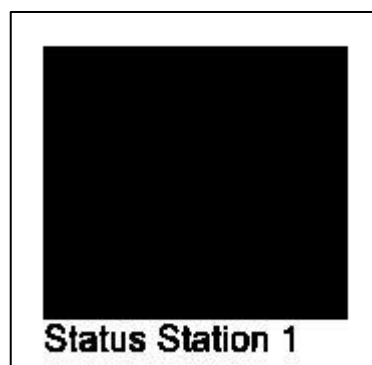


Figura No. 87 EDIncontrol Átomo Status Station

El Stauts Monitor es un átomo muy versátil, como bien versa su nombre, lo que el átomo monitoriza es el porcentaje de tiempo que el átomo está en cada estado mediante una representación de barras. Al aplicarlo al átomo Queue entre estaciones, se puede comprobar que porcentaje de tiempo dicho átomo está en uno de sus dos estados, Ocupado y Libre. Esto dará cuenta de cómo de bloqueado se halla dicha estación posterior.

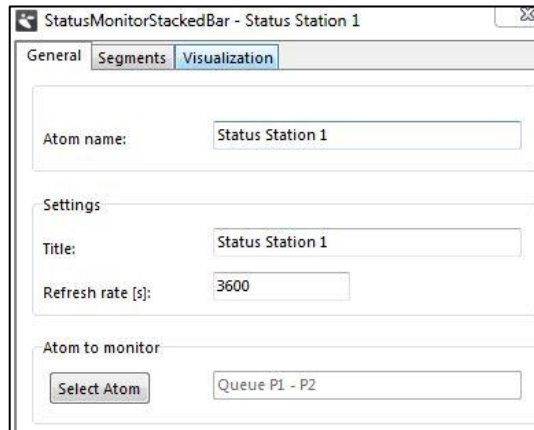


Figura No. 88 EDIncontrol Átomo Status Station Preferences

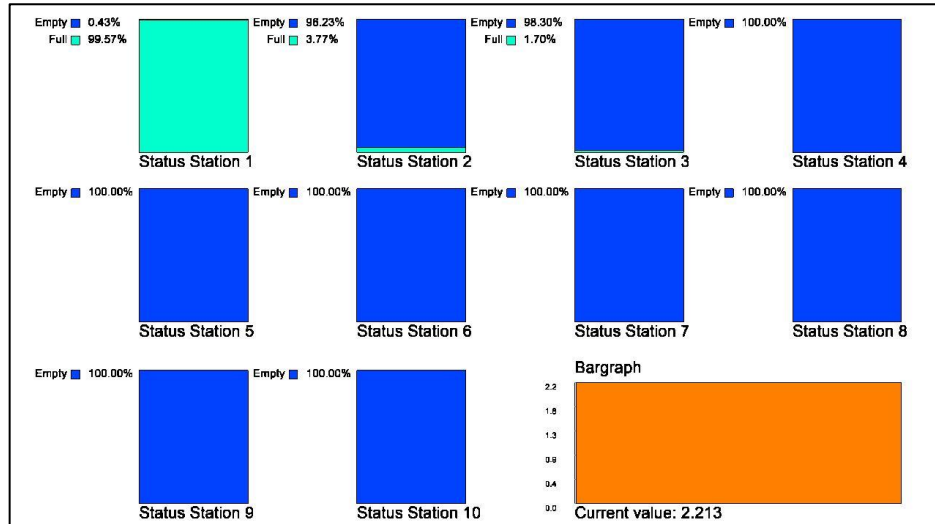
La configuración del status monitor es básica, prácticamente asignarle nombre y determinar el refresco de datos, 3600 s en este caso será suficiente.

Para conectar el átomo y que muestre los valores del Queue bastará con interconectarlo a dicho átomo.

6.3 DISPOSICION DE RESULTADOS

6.4.1 Resultados Simulación 1:

Tabla 22 EDIncontrol Resultados Simulación 1

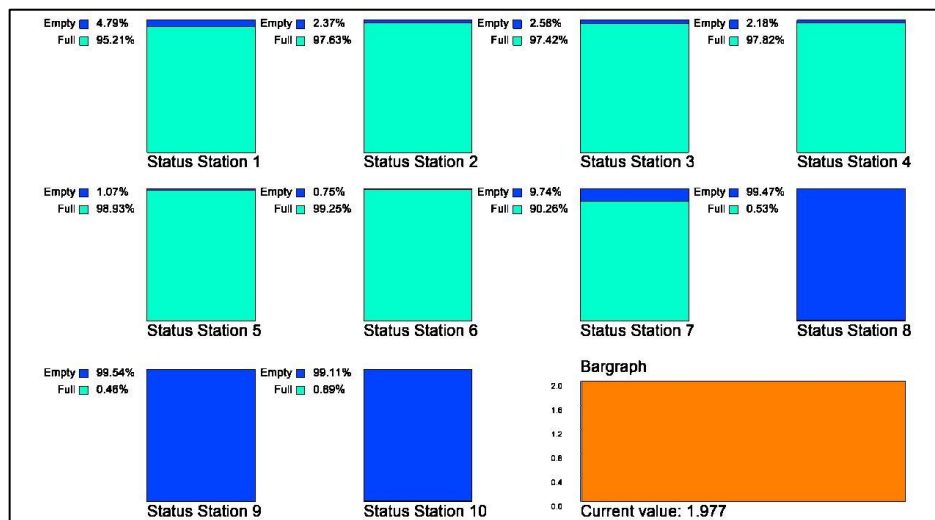


SIMULACIÓN 1		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	2,213	Empty	0,43%	96,23%	98,30%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Tak-Time (s)	27,11	Full	99,57%	3,77%	1,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Figura No. 89 Resultados Simulación 1

6.4.2 Resultados Simulación 2:

Tabla 23 EDIncontrol Resultados Simulación 2

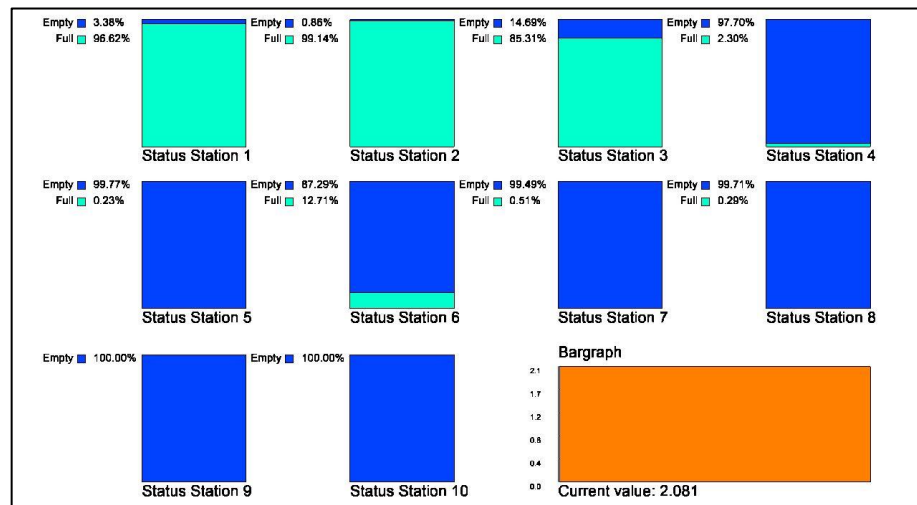


SIMULACIÓN 2		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	1,977	Empty	4,79%	2,37%	2,58%	2,18%	1,07%	0,75%	9,74%	99,47%	99,54%	99,11%
Tak-Time (s)	30,35	Full	95,21%	97,63%	97,42%	97,82%	98,93%	99,25%	90,26%	0,53%	0,46%	0,89%

Figura No. 90 Resultados Simulación 2

6.4.3 Resultados Simulación 3:

Tabla 24 EDIncontrol Resultados Simulación 3

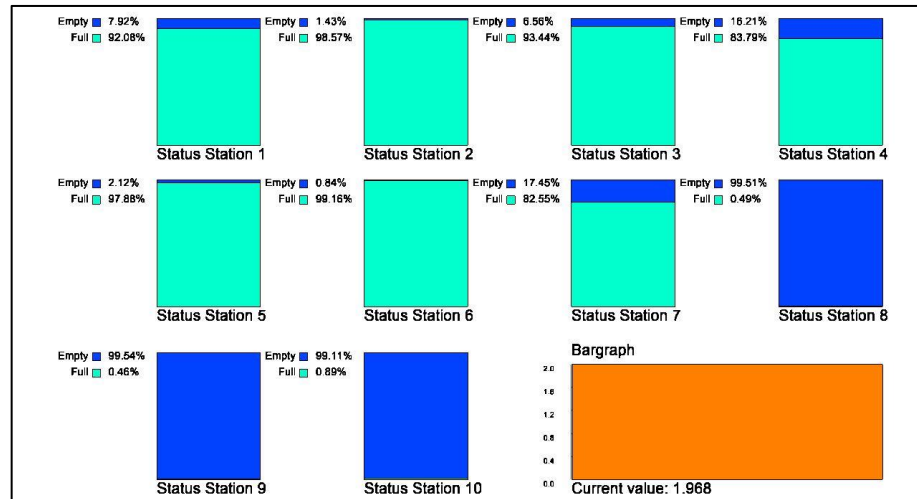


SIMULACIÓN 3		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	2,081	Empty	3,38%	0,86%	14,69%	97,70%	99,77%	87,29%	99,49%	99,71%	100,00%	100,00%
Tak-Time (s)	28,83	Full	96,62%	99,14%	85,31%	2,30%	0,23%	12,71%	0,51%	0,29%	0,00%	0,00%

Figura No. 91 Resultados Simulación 3

6.4.4 Resultados Simulación 4:

Tabla 25 EDIncontrol Resultados Simulación 4

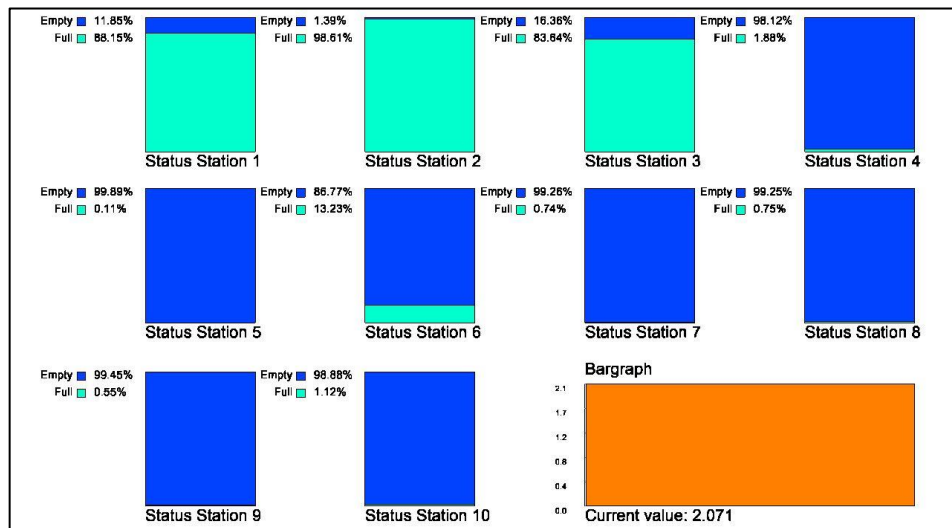


SIMULACIÓN 4		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	1,968	Empty	7,92%	1,43%	5,55%	16,21%	2,12%	0,84%	17,45%	99,51%	99,54%	99,11%
Tak-Time (s)	30,49	Full	92,08%	98,57%	94,45%	83,79%	97,88%	99,16%	82,55%	0,49%	0,46%	0,89%

Figura No. 92 Resultados Simulación 4

6.4.5 Resultado Simulación 5:

Tabla 26 EDIncontrol Resultados Simulación 5



SIMULACIÓN 5		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	2,071	Empty	11,85%	1,39%	16,35%	98,12%	99,89%	85,77%	99,25%	99,25%	99,45%	98,88%
Tak-Time (s)	28,97	Full	88,15%	98,61%	83,65%	1,88%	0,11%	14,23%	0,75%	0,75%	0,55%	1,12%

Figura No. 93 Resultados Simulación 5

6.4 VALORACIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente punto realizar una valoración de los resultados obtenidos en el punto anterior, la intención aquí será por una parte justificar la validez de las medidas y valores obtenidos, y por otra, valorar la situación de los distintos modelos en cuanto a la saturación de los distintos planteamientos.

Partiremos de la información resumida en las tablas:

Tabla 27 Resumen de Resultados

SIMULACIÓN 1		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	2,213	Empty	0,43%	96,23%	98,30%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Tak-Time (s)	27,11	Full	99,57%	3,77%	1,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

SIMULACIÓN 2		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	1,977	Empty	4,79%	2,37%	2,58%	2,18%	1,07%	0,75%	9,74%	99,47%	99,54%	99,11%
Tak-Time (s)	30,35	Full	95,21%	97,63%	97,42%	97,82%	98,93%	99,25%	90,26%	0,53%	0,46%	0,89%

SIMULACIÓN 3		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	2,081	Empty	3,38%	0,86%	14,69%	97,70%	99,77%	87,29%	99,49%	99,71%	100,00%	100,00%
Tak-Time (s)	28,83	Full	96,62%	99,14%	85,31%	2,30%	0,23%	12,71%	0,51%	0,29%	0,00%	0,00%

SIMULACIÓN 4		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	1,968	Empty	7,92%	1,43%	5,55%	16,21%	2,12%	0,84%	17,45%	99,51%	99,54%	99,11%
Tak-Time (s)	30,49	Full	92,08%	98,57%	94,45%	83,79%	97,88%	99,16%	82,55%	0,49%	0,46%	0,89%

SIMULACIÓN 5		Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Output per hour (Units)	2,071	Empty	11,85%	1,39%	16,35%	98,12%	99,89%	85,77%	99,25%	99,25%	99,45%	98,88%
Tak-Time (s)	28,97	Full	88,15%	98,61%	83,65%	1,88%	0,11%	14,23%	0,75%	0,75%	0,55%	1,12%

6.5.1 Valoración de output per hour de los distintos modelos.

- **Validez de la penalización al introducir interferencias:**

Los resultados obtenidos parecen concordar con lo esperable, sin duda el mejor valor de la serie en cuanto a capacidad es el de la Simulación 1, como vemos el tak time concuerda totalmente con el tak time de 25min + 2 minutos por el uso de Conveyors entre estaciones.

Los valores a partir de esta simulación van tendiendo a dar capacidades inferiores conforme las perturbaciones de fallos y variabilidad van apareciendo, es digno de comentar que pese a lo que cabe de esperar, que sería que la Simulación 5 mostrase los peores valores de la serie, pero esto no es así, el peor valor se daría en la Simulación 4.

Podemos suponer que al usar valores distribuidos las estaciones se compensen entre si, el efecto muelle pueda verse atenuado por una variabilidad de los tiempos.

- **Validez del modelo Ideal:**

Un hecho que llama bastante la atención es la Simulación 1, la perfección y la ausencia de interferencias de fallos o variabilidades da como resultado una línea de producción sin cuellos de botella, como se puede comprobar, el único puesto saturado es el P1, esto es totalmente normal ya que el Puesto 1 solo cuenta con Conveyor en su salida, por lo que su producción se ve cumplida en 25 minutos de operaciones + 1 minuto de Conveyor, el siguiente puesto tiene un Tak mínimo de 27 minutos (25+2), con lo que tiende a esperar este minuto extra y hace que la ocupación de la Queue de P1 este prácticamente siempre ocupada. Como vemos en el resto de puestos la disponibilidad es del 100%.

- **Fallos de calidad vs. Fallos de Ensamblaje:**

Era una de las cuestiones a dilucidar desde el comienzo de la modelización, planteando un modelo con fallos de calidad y uno de fallos de montaje, basándose en unos datos predefinidos ¿Cuál afectará más a la simulación? La respuesta es clara y viene refrendada por los datos. La capacidad se ve muy limitada por los fallos de montaje, se obtienen en dicha simulación valores de Output per hour de 1,977 Unidades por hora frente a las 2,081 de la simulación con fallos de calidad. Al sumarse ambos fallos vemos que el Output per hour baja hasta los 1,968, con lo que se vería, en efecto que ambos valores afectan negativamente la situación, cosa que entra dentro de la normalidad.

6.5.2 Valoración de saturación de los distintos modelos.

- **Simulación 1 carente de saturación:**

Ya comentado anteriormente, un modelo perfecto, balanceado para que todos sus puestos desarrollen trabajos a tiempo constante carecería de cuellos de botella.

- **Patrones de Fallo:**

Se observan 2 patrones de fallo dominantes.

- **Simulaciones 2, 4:** Ambas dos simulaciones presentan un cuello de botella predominante en P8, se achaca dicha equivalencia de resultados en que la Simulación 3 (Fallos de calidad) apenas infiere cambios en el patrón de trabajo, de hecho, se pudo observar que apenas penalizaba el tak time, ahora tampoco hace cambiar el patrón. El modelo de fallos de montaje es dominante y penaliza de sobremanera por lo tanto. Las actuaciones para solventar el problema deberían ser prioritarias hacia los fallos de montaje sin ninguna duda
- **Simulaciones 3, 5:** Como ya se comentó en el punto anterior, la variabilidad de tiempos en los procesos mostraba una mejoría respecto a los tiempos fijos, de hecho, mejora el Tak, y en este caso también mejora la saturación. En la Simulación 5 (supuestamente una simulación más real) se observa un cuello de botella predominante en el P4, dicha operación debería ser revisada, gran cantidad de perturbaciones se ven concentradas y debería ser resuelta.

En cuanto a la simulación 3 presenta un patrón bien similar, que corresponde a que tanto el P4 como el P7 se ven afectados por más casos de fallos de calidad que cualquier otro puesto, decir que, de alguna manera, la variabilidad de procesos anula, en parte, los fallos de montaje, pero no los de calidad.

La recomendación principal sería actuar contra los fallos de calidad y redescubrir el nuevo mapa de cuellos de botella.

7. CONCLUSIONES GLOBALES DEL PROYECTO

Llegados al punto final solo queda comentar las conclusiones obtenidas del PFC, de forma personal intentaré resumir en varios puntos, de forma global, las características que más han llamado mi atención durante la realización del proyecto.

7.1 NECESIDAD DEL KNOCK-DOWN EN UN MUNDO GLOBALIZADO

La creación del proyecto ha llevado consigo una revisión del concepto de Knock-Down, a decir verdad, este concepto es bien conocido en líneas generales y la implementación de este sistema en la fabricación de una motocicleta se podría entender ver como algo básico y normal. La aplicación de este método podría haber casado como cualquier otro dentro de las vicisitudes de hacer una industrialización de cualquier producto. Pero sinceramente, desde bien al principio de redactar estas líneas se ha dado cuenta de cuan necesario este tipo de conceptos en la industria actual.

Ya desde un principio del proyecto, en el cual se estudia la viabilidad de industrializar este tipo de productos en una localización genérica descubrir que los mercados evolucionan rápido en un mundo globalizado. Se intuye la necesidad de la rapidez en el establecimiento de nuevas fábricas, en este tipo de entornos el Knock Down se revela como un claro ganador.

- **A nivel legislativo:** Es lo suficientemente versátil como para adaptarse y ajustarse a lo estrictamente legal, haciendo que la introducción de productos se de en cualquier tipo de entorno, sin problemas y sin sorpresas.
- **A nivel económico:** Posee la capacidad de instalar productos a distintos niveles de inversión, la penetración en el mercado es inmediata pudiendo hacerse gradual, haciendo que la exposición y las barreras de entrada en el mercado sean lo menores posibles en un primer momento.
- **A nivel de plazo:** Si es fácil entrar legislativamente y con la mínima inversión posible, es lógico que el plazo en el cual también sea mínimo.

Si bien en el proyecto se ha centrado en la parte industrial, cabe destacar tras su finalización, que con la información que aquí se contiene, se podría implementar la industrialización del modelo de motocicleta eléctrica en cualquier parte del mundo sin problemas y lo más importante, sin ser una tarea que necesite de grandes medios o recursos y maquinaria compleja.

7.2 PLANTEAMIENTO Y RESOLUCION DEL PROBLEMA

Es de valorar, que toda la información base del proyecto provenga de una fuente real. Los datos sobre materiales, procesos y tiempos fueron tomados por mí mismo a partir de un ciclomotor al cual tras años de uso, me tocó hacerle una renovación prácticamente completa de piezas.

Todas las piezas que se muestran son piezas reales desmontadas y catalogadas, todos los tiempos obtenidos, salieron de grabaciones propias en las cuales montaba los elementos, así como las operaciones unitarias.

Es básico comentar, que la realización de este tipo de trabajos se simplifica siempre que conoces la fuente de datos, cuando dominas la información básica, la transformación de esta en algo mas elaborado se puede realizar de forma sencilla. La necesidad de utilizar referencias o analizar datos también se realiza de una forma mucho más sencillas entonces y todo fluye con mucha mas facilidad. Desde la formación de un diagrama PdM, hasta analizar el porqué del comportamiento de una simulación se convierten en una tarea más sencilla si se parte de esto.

La conclusión entonces es básica a la par que fundamental, conocer el producto ayuda, simplifica y permite la elaboración de soluciones mas robustas y todo esto, de una forma más rápida.

7.3 SOBRE EL USO DE SOFTWARE DE SIMULACION

El uso de software de simulación está muy implantado en la industria actual, por lo que hablar sobre la conveniencia o no de su uso es de sobra innecesaria. Comentar que, al comenzar el proyecto, no tenía una idea clara de su utilización. Poco a poco, las dudas se han ido despejando, de hecho, lo reflejado aquí es una pequeña muestra de lo que se puede obtener de este programa.

El planteamiento de las distintas simulaciones ha sido clave, ya ha permitido experimentar con las capacidades de EDIncontrol. El programa está basado en una programación modular preconfigurada básica y en etapas iniciales puede parecer escasa para simular las distintas situaciones que se pueden dar en una fábrica pura de ensamblaje. No obstante, el uso de módulos básicos acompañados con una implementación de programas con 4DScript convierten al programa en una herramienta versátil que puede nutrir de valiosos resultados.

En el caso específico de este proyecto resaltar su uso en la obtención de capacidades, ya que, por una parte, en instalaciones industriales como la que se comenta en el proyecto y ayudado de información existente, como las ratios de fallos de montaje y calidad, datos que por otra parte son fáciles de conseguir, poder obtener sin problema y con una exactitud datos que ayudarán en un futuro en la implantación del proyecto en el cual se está trabajando. No deja de ser una estimación, pero la estimación está contrastada, y esto da una seguridad que no se suele tener en cuenta en casos reales.

Por lo que parece interesante el uso dado al software en este tipo de cuestiones, que por otra parte no son tan comunes en la industria actual.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ben Maher, Kevin Greisler (1998). *Chilton's Motorcycle Handbook*. Haynes North América.
2. Decker, K. D. (26 de 01 de 2011). *AERIAL ROPEWAYS: AUTOMATIC CARGO TRANSPORT FOR A BARGAIN*. Obtenido de <http://www.resilience.org/stories/2011-01-26/aerial-ropeways-automatic-cargo-transport-bargain/>
3. GOODYEAR. (1975). *Handbook of conveyor & elevator belting*. Akron, Ohio: The Goodyear tire & Rubber company .
4. Habasit. (2012). *Materials Handling Habasit Belts for Distribution/Warehousing General Conveying*. Obtenido de http://goodyearbelting.com/pdf/Habasit_Catalog_GoodYear_Belting/files/assets/common/downloads/publication.pdf
5. Mail Online. (12 de 21 de 2015). *155 miles of conveyor belts, 4 million parcels each night and a plane every 60 seconds: Inside UPS' giant sorting facility*. Obtenido de <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3368846/155-miles-conveyor-belts-4-million-parcels-night-plane-60-seconds-Inside-UPS-giant-sorting-facility.html>
6. PHOENIX. (2018). *Empalmes de correas transportadora*. Obtenido de http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/about-us/technology/conveyor-belt-splices/conveyor-belt-splices_es.html
7. PHOENIX. (2018). *PHOENOCORD® St 2500 – La correa transportadora más larga del mundo*. Obtenido de http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/extreme-conveyor-belt/length/length_es.html
8. RELLWIN. (07 de 08 de 2013). *Ningbo Rellwin Industry Co.,ltd. .* Obtenido de History for conveyor belt: <http://www.cn-chains.cc/i-Knowledge-706518/History-for-conveyor-belt-706554.html>

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7328/tesis324.pdf;sequence=1>
https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/78834/1/TG01057.pdf
https://www.ebay.com/itm/Electric-Scooter-60V-1500W-Motor-Brushless-Controller-3-Phase-Motor-With-Hall-/272563582566?_ul=BO
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5182/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-238.pdf>

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/38680/2/dominguezruizotiliagabriela.pdf>

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/38680/2/dominguezruizotiliagabriela.pdf>

<https://aavea.org/ciclomotor/>

<https://enciclopedia-joskat.webnode.es/products/bicicletas-y-ciclomotores-/>

<http://todoproductividad.blogspot.com/2010/02/software-de-simulacion-y-optimizacion.html>

<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1375/Aplicaci%C3%B3n%20de%20software%20de%20simulaci%C3%B3n%20como%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO 1 - COMPONENTES DEL CICLOMOTOR

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA
1	Anillo Rodamiento Inferior	Accesorio
1	Anillo Rodamiento Superior	Accesorio
1	Asiento Acolchado	Accesorio
1	Asiento Inferior Rodamiento Manillar	Accesorio
1	Asiento Superior Rodamiento Manillar	Accesorio
1	Cable Transmisión Cuentavueltas	Accesorio
1	Casquillo Acoplamiento Eje Delantero	Accesorio
1	Cierre tuerca Alojamiento Transmisión	Accesorio
2	Contacto Llave general	Accesorio
2	Cubierta <i>Mopped Model Estandart Tubeless</i>	Accesorio
2	Disco freno	Accesorio
1	Foco Delantero	Accesorio
1	Freno Delantero Derecho	Accesorio
1	Freno Trasero Izquierdo	Accesorio
1	Intermitente Delantero Derecho	Accesorio
1	Intermitente Delantero Izquierdo	Accesorio
1	Llanta Delantera	Accesorio
1	Mando Derecho	Accesorio
1	Mando Izquierdo	Accesorio
1	Manguito Acelerador	Accesorio
1	Manguito Izquierdo	Accesorio
2	Mordaza Manillar Freno	Accesorio
1	Motor <i>Brushless</i> Integrado en Rueda	Accesorio
1	Muelle Soporte Central	Accesorio
1	Muelle Soporte Lateral	Accesorio
1	Pieza Amordazado Set Luz e Intermitentes Traseros	Accesorio
1	Pinza Tubería Freno Horquilla	Accesorio
2	Pletina Mordaza Sujeción Horquilla	Accesorio
1	Reposapiés Copiloto	Accesorio
1	Resorte Cerradura	Accesorio
1	Retrovisor Derecho	Accesorio
1	Retrovisor Izquierdo	Accesorio
1	Rueda Delantera	Accesorio
1	Sistema Cerradura Compartimento Asiento	Accesorio
1	Sistema Cerradura Tapa de Cargado	Accesorio
1	Soporte Patilla Central	Accesorio
1	Soporte Patilla Lateral	Accesorio
1	Soporte pinza freno trasero	Accesorio
2	Suspensión Delantera	Accesorio
2	Suspensión Trasera	Accesorio
1	Tornillo-Eje Rueda Delantera (M14x12x245-215)	Accesorio
1	Tuerca Alojamiento Transmisión	Accesorio

1	Velocímetro	Accesorio
---	-------------	-----------

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA
10	Arandela (18-5)	Tornillería y complementos
6	Arandela Dacromet (12-7)	Tornillería y complementos
2	Arandela Eje (24-20)	Tornillería y complementos
1	Arandela Gruesa (24-20)	Tornillería y complementos
1	Casquillo Asiento circular	Tornillería y complementos
2	Casquillo Asiento Tornillo-Eje Patilla Central	Tornillería y complementos
1	Casquillo Eje Motor (15-24/15)	Tornillería y complementos
2	Pinza Sujeción Cerraduras	Tornillería y complementos
2	Pinzado Cromado para tornillo GRANDE	Tornillería y complementos
5	Pinzado Cromado para tornillo PEQUEÑO	Tornillería y complementos
2	Rodamiento Interno Eje	Tornillería y complementos
2	Tapas Alojamiento del Eje	Tornillería y complementos
6	Tornillo Allen Avellanado Frenos	Tornillería y complementos
6	Tornillo Allen Cromado (C3/16M5x20)	Tornillería y complementos
4	Tornillo Allen Cromado (C7/32M7x40)	Tornillería y complementos
4	Tornillo Allen Dacromet (C5/32M5x15)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M10m5x12)	Tornillería y complementos
17	Tornillo Chino (M10m5x15)	Tornillería y complementos
5	Tornillo Chino (M10m5x20)	Tornillería y complementos
1	Tornillo Chino (M10m5x25)	Tornillería y complementos
4	Tornillo Chino (M10m7x12)	Tornillería y complementos
13	Tornillo Chino (M10m7x15)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M10m7x20)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M10m7x22)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M10m7x35-10)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M10xm7x40-15)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M12m10x25)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Chino (M12m10x40-12)	Tornillería y complementos
1	Tornillo Chino (M9/19m10x50-20)	Tornillería y complementos
6	Tornillo Estrella Avellanado (10m4x12)	Tornillería y complementos
8	Tornillo Estrella Avellanado (12m5x12)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Estrella Avellanado (12m5x20)	Tornillería y complementos
18	Tornillo Estrella Avellanado (15m5)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Estrella Avellanado (m5x8)	Tornillería y complementos
9	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-10)	Tornillería y complementos
2	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (10-15)	Tornillería y complementos
10	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (12-15)	Tornillería y complementos
6	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-15)	Tornillería y complementos
23	Tornillo Estrella Avellanado Tirafondo (8-5)	Tornillería y complementos

2	Tornillo Estrella Plano (4mx10)	Tornillería y complementos
3	Tornillo Hexagonal Dacromet (M10m5x12)	Tornillería y complementos
1	Tornillo mecanizado Especial Patilla	Tornillería y complementos
1	Tornillo Rodadura Brazo Freno Horquilla	Tornillería y complementos
1	Tornillo-Eje Bastidor Trasero	Tornillería y complementos
17	Tuerca Chino (M10m5)	Tornillería y complementos
2	Tuerca Chino (M10m7)	Tornillería y complementos
1	Tuerca Chino (M20m12)	Tornillería y complementos
1	Tuerca Chino (M20m14)	Tornillería y complementos
1	Tuerca Chino (M21m15)	Tornillería y complementos
3	Tuerca Chino (M9/16m10)	Tornillería y complementos
7	Tuerca Dacromet (M10m5)	Tornillería y complementos
1	Tuerca Eje Bastidor Trasero	Tornillería y complementos
1	Tuerca Rodamiento Brazo Freno	Tornillería y complementos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA
1	Asa Lateral Derecha	Cubierta Cromada
1	Asa Lateral Izquierda	Cubierta Cromada
1	Asiento Manillar	Cubierta Cromada
1	Cromado Cobre Quilla Superior Delantero	Cubierta Cromada
1	Cromado Cobre Quilla Superior Trasero	Cubierta Cromada
1	Embellecador Brazo Derecho	Cubierta Cromada
1	Embellecador Brazo Izquierdo	Cubierta Cromada
2	Embellecador Cromado Chapa Delantero	Cubierta Cromada
1	Embellecador Horquilla Delantera Derecho	Cubierta Cromada
1	Embellecador Horquilla Delantera Izquierdo	Cubierta Cromada
1	Embellecador Cromado Trasero Inferior	Cubierta Cromada
1	Embellecador Cromado Trasero Superior	Cubierta Cromada
1	Manillar Dirección	Cubierta Cromada
2	Mordaza Manillar Inferior	Cubierta Cromada
1	Mordaza Manillar Superior	Cubierta Cromada
1	Parrilla Trasera	Cubierta Cromada

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA
1	Chapa Bajos Derecha	Cubierta Plástico Pintado
1	Chapa Bajos Izquierda	Cubierta Plástico Pintado
1	Chapa frontal	Cubierta Plástico Pintado
1	Chapa Frontal Trasera	Cubierta Plástico Pintado
1	Chapa Lateral Derecha	Cubierta Plástico Pintado
1	Chapa Lateral Izquierda	Cubierta Plástico Pintado
2	Conformado Chapa Trasera Izquierda	Cubierta Plástico Pintado
1	Embellecador Horquilla Trasera Derecho	Cubierta Plástico Pintado
1	Embellecador Horquilla Trasera Izquierda	Cubierta Plástico Pintado

1	Guardabarros Delantero Frontal	Cubierta Plástico Pintado
1	Guardabarros Delantero Posterior	Cubierta Plástico Pintado
1	Tapa Acceso Lateral de Chapa Izquierda	Cubierta Plástico Pintado
1	Tapa Embellecedor Horquilla Trasera Derecha	Cubierta Plástico Pintado
1	Tapa Embellecedor Horquilla Trasera Izquierda	Cubierta Plástico Pintado

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA
1	Cable Toma Tierra	Eléctrica
1	Cableado Controlador	Eléctrica
1	Cableado General Mazo	Eléctrica
1	Cebador Intermitentes	Eléctrica
1	Claxon	Eléctrica
1	Conector Carga	Eléctrica
1	Controlador Eléctrico	Eléctrica
1	Convertidor 12V	Eléctrica
1	<i>Motor Hall Type 3 Fase 1500W60V</i>	Eléctrica
1	Set Luz e Intermitentes Traseros	Eléctrica

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA
1	Brazo Sujeción Freno	Marco
1	Chasis Principal Moto	Marco
1	Cuerpo Bastidor Trasero	Marco
1	Horquilla Delantera	Marco
1	Horquilla Trasera	Marco
1	Palanca Amortiguación Delantera Derecha	Marco
1	Palanca Amortiguación Delantera Izquierda	Marco
1	Refuerzo Reposapiés Delantero	Marco
1	Refuerzo Reposapiés Trasero	Marco
1	Sistema Suspensión Delantero	Marco
2	Sujeción Contacto General	Marco

ANEXO 2 - PROPIEDADES DE LAS BATERIAS DE ION-LITIO (LiFePO₄)**Nanophosphate® Basics: An Overview of the Structure, Properties and Benefits of A123 Systems' Proprietary Lithium Ion Battery Technology**

A123 Systems, Inc.

Abstract

The overall performance and reliability of an advanced battery system depends largely on the chemistry used in the cell. Lithium ion, for example, is deployed in electric vehicles, grid-scale energy storage systems and a wide variety of commercial and industrial applications.

There are a number of different lithium ion chemistries commercially available today, however, each with distinct behavioral characteristics. Understanding the differences in these chemistries can prove invaluable in determining which battery system is best suited for a given application.

This paper outlines the unique properties of Nanophosphate®, a nanoscale lithium ion technology offered exclusively by A123 Systems, and how it differs from standard lithium iron phosphate as well as other lithium ion technologies. It also describes the resulting performance advantages, including high power, excellent abuse tolerance, long life and the ability to maintain consistent power over a wide range of state-of-charge (SOC).

History of Nanophosphate

Nanophosphate is A123 Systems' patented lithium ion battery cathode active material, originally developed by professor Yet-Ming Chiang and his group at the Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.). They reported their work in the seminal paper entitled, "Electronically conductive phosphor-olivines as lithium storage electrodes," which was published in the journal *Nature Materials* in the [October 2002 issue](#) (Chung, Bloking, & Chiang, 2002).

In this paper, Professor Chiang and his group discussed the development of a unique new material belonging to a class of materials called the "olivines" based on their crystal structure. This new material exhibited dramatically higher conductivity and rate capability than standard lithium iron

phosphate materials, with near-theoretical energy density.

On March 4, 2008, the U.S. Patent Office granted U.S. Patent Number [7,338,734](#), titled "Conductive Lithium Storage Electrode" (Chiang, Chung, Bloking, & Andersson, 2002). This patent covers the Nanophosphate materials used in A123's products. The Nanophosphate material is patented worldwide and is not offered by any other battery manufacturer. Specifically, Nanophosphate should not be confused with standard lithium iron phosphate (LFP), which has lower rate capability and power.

The Structure of Nanophosphate

Nanophosphate is an engineered nanoscale material with specific structural and chemical properties designed to maximize the performance of lithium-ion batteries. Figure 1 schematically illustrates this structure. The image on the left is a cathode electrode, with the aluminum current collector foil covered with Nanophosphate particles. The middle image is the Nanophosphate secondary particle and the image on the right illustrates the primary particles.

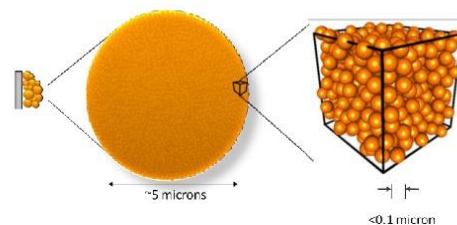


Fig. 1: Schematic illustration of the Nanophosphate structure, with secondary and primary particles

The primary Nanophosphate particles are on the order of one-tenth of a micron in diameter and are agglomerated into much larger secondary particles, which have diameters on the order of a few microns. So, although the primary particle may have a length scale on the order of several tens of nanometers, the

secondary particle is on the length scale of microns, making it well above the Environmental Protection Agency (EPA) definition of what is considered a nanomaterial. Micron-sized secondary particles allow the Nanophosphate powder to be handled and processed more easily.

This unique electrochemical structure of Nanophosphate enables a number of performance advantages, including higher power, excellent safety, long life and greater usable energy.

Power

Typical lithium-ion batteries store energy via a reaction between lithium ions and the cathode and anode material. The lithium ions are inserted or removed in active materials through a process called “intercalation.” However, these chemical reactions are generally slow, limiting the rate capability, or power output, of the battery. Thus, traditional lithium-ion batteries have high energy, but low power.

Conversely, the chemical reactions created in the Nanophosphate technology increase the cathode surface area with the electrolyte, which allows for faster lithium insertion and thus more power. At the same time, however, all of the bulk volume is still used to store energy, like other battery materials (as illustrated in Figure 2).

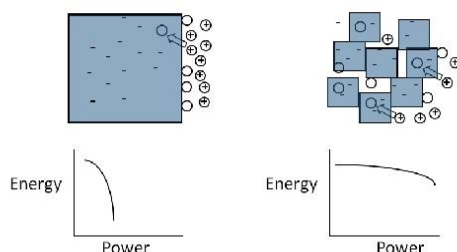


Fig. 2: Chemical reaction and energy/power balance of standard battery vs. A123 Nanophosphate

Another significant feature of the Nanophosphate technology is the consistent power capability over a wide range of states-of-charge (SOC). Most battery technologies have significantly lower power capability at low SOC. A123's Nanophosphate retains its power capability at low SOC, widening the range where the applications' power

requirements can be met. This also enables higher usable energy.

Safety

Battery safety is a critical requirement for most applications, and like other forms of phosphate-based cathode materials, Nanophosphate has excellent abuse properties. In these chemistries, all of the lithium ions are transferred during a complete charge/discharge event. In the case of most metal oxide cathode materials, including cobalt and nickel-based materials, only half of the available lithium is transferred during normal operation. When those metal oxide cells are overcharged, the excess lithium from the cathode cannot be inserted into the anode, which is already completely full. The result is that the lithium plates onto the surface of the anode, creating a hazard since metallic lithium is much more reactive than ionic lithium. Since all of the lithium ions in the Nanophosphate chemistry are transferred to the anode during charging, it is much less likely for lithium metal to plate onto the anode surface during an overcharge event.

Another significant advantage of Nanophosphate as compared to metal oxide cathodes is that it is much more stable chemically. When subjected to abusive conditions, such as high temperature or over voltage, metal oxide cathode materials can degrade, which produces an exothermic or heat-generating reaction that releases gaseous oxygen. This heat and oxygen combine with flammable electrolyte, and can support oxidation or combustion within the cell.

Conversely, Nanophosphate releases only a small amount of heat and oxygen under similar abusive conditions and cells made using Nanophosphate chemistry do not exhibit the energetic thermal runaway that metal oxide lithium ion cells experience (Roth, 2007). This greatly reduces the likelihood of cascading failure—where an incident in one cell spreads to adjacent cells—within a battery pack designed with Nanophosphate chemistry. Even if all of a pack's safety systems fail, the increased safety inherent to Nanophosphate chemistry provides an additional layer of protection that reduces the incidence, severity and probability of energetic failures. Heavy and costly cooling and controls systems are used to mitigate the likelihood of thermal runaway in metal oxide battery designs, but these do not address the root cause of chemical instability.

Life

Both cycle life and calendar life are key metrics for advanced battery performance, especially for automotive applications. Cycle life is typically defined as the number of times a battery can be charged and discharged before its capacity falls below 70 to 80 percent of its original capacity or nameplate energy. Similarly, calendar or shelf life is defined as the ability of a battery to maintain discharge and regeneration energy over time, irrespective of use conditions.

Cycle life and calendar life are key metrics for any energy storage technology, because they affect the overall usability, total cost of ownership and return on investment in the technology over time. To fully understand battery degradation, it is important to examine power and energy and how they change over time. A common way to measure this is to plot capacity or energy as a function of number of cycles. This shows the gradual degradation of the battery in use. A battery is generally considered to have reached the end of life when it loses 20 percent of its capacity or energy.

Nanophosphate technology performs better than competing chemistries on cycle life testing. As illustrated in

Fig, batteries designed using Nanophosphate deliver more than 7,000 cycles when charged and discharged at a one-hour (1C/1C) rate and 100-percent depth-of-discharge (DOD) with little impedance growth or power loss. The energy retention is also very high.

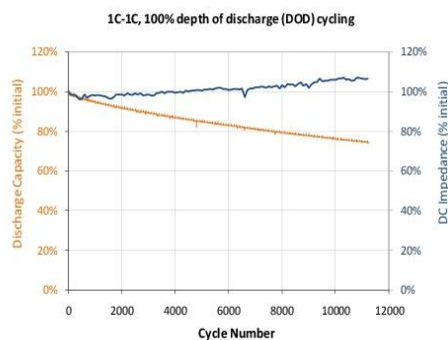


Fig. 3: 1C-1C, 100% DOD cycling of 26650 cell, showing capacity and impedance as a function of cycling

A123's 20Ah prismatic cell shows similar cycle life (as show in Figure 4). When subjected to calendar life tests at elevated temperatures, the prismatic cells are projected to have a lifespan of 15 years or longer in automotive applications.

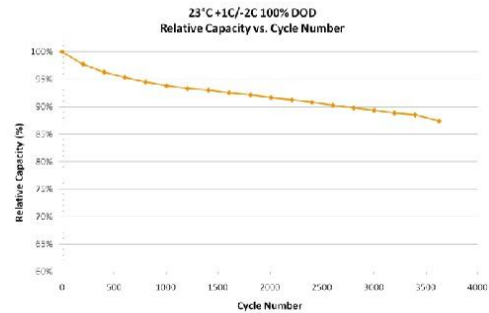


Fig. 4: 1C-2C, 100% DOD cycling of 20Ah prismatic cell, showing capacity as a function of cycling

Increased cycle and calendar life translate directly to a lower total cost of ownership of Nanophosphate cells as compared with traditional batteries by allowing the battery pack to be "right-sized" to an application. Traditional battery chemistries require packs to be oversized so that as the cells degrade and lose power, they still meet performance requirements at the end of use. This adds considerable initial cost and causes a significant excess in the application's power needs at the beginning of use. In other words, the pack must be much larger and more expensive because it will degrade significantly in usage. The Nanophosphate technology retains its energy and power better than many competing technologies, which means that a pack using Nanophosphate technology need not be oversized as much. In most applications, this translates to a smaller, less expensive pack.

Usable Energy

Although some lithium ion battery makers cite high specific energy (measured in Wh/kg) as their key advantage, not all of the stored energy in those products is usable under real-world automotive conditions. The more meaningful metric is usable specific energy, which is the Wh/kg available over the useful SOC range of a particular cell chemistry.

For example, some manufacturers may limit the maximum and minimum voltage, thus reducing the voltage window where the battery may operate and limiting the system's usable energy. This is typically done for one of three reasons.

First, lowering the maximum SOC can improve the abuse tolerance or safety of the system. Fully charged batteries are more energetic than partially charged batteries, so by only partially charging the battery, the severity of the reaction during a catastrophic abuse event is reduced.

Second, lowering the maximum SOC improves the life of the battery, both with respect to cycle and calendar life. In cycle life, reducing the maximum SOC reduces DOD. This means that the battery is cycled more shallowly, which causes less degradation. At the same time, batteries in the fully charged state have more oxidative side reactions which can cause the cell to lower capacity and power.

The third reason why the SOC window may be narrowed is to preserve a consistent power capability from the battery. Most lithium ion battery technologies lose a significant amount of discharge power at low SOC. In order to ensure that the battery meets minimum performance requirements, it is restricted from reaching a low SOC.

Nanophosphate technology, on the other hand, has excellent abuse tolerance and life, which allow it to be charged to full SOC with minimal impact on life. In addition, the power capability is excellent at low SOC, allowing the battery to more fully use the operating window. These factors increase the SOC window and in turn, the amount of usable energy that is available (as illustrated in Figure 5).

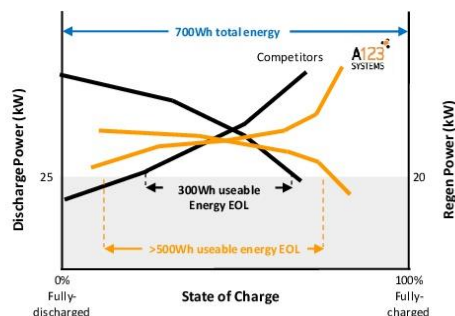


Fig. 5: Power output of A123 and leading competitor over a wide range of state of charge (SOC)

Conclusion

As the markets for electric vehicles and grid-scale energy storage systems grow, understanding the performance benefits associated with each battery chemistry's distinct characteristics will become increasingly important.

Lithium ion is quickly emerging as the optimal battery chemistry for transportation, electric grid and commercial applications, but not all lithium ion technologies behave the same.

The nanoscale structure of the Nanophosphate chemistry, for example, enables battery systems with higher power, increased abuse tolerance, longer life and the greater ability to maintain consistent power over a wide range of state-of-charge (SOC) as compared with competing lithium ion and other chemistries.

Understanding the fundamental chemical differences between Nanophosphate and other technologies is necessary to develop a complete and accurate assessment of the optimal advanced battery system that will deliver the best performance for a given application.

References

Chiang, Y.-M., Chung, S.-Y., Bloking, J. T., & Andersson, A. M. (2002). *Patent No. 7,338,734*. USA.

Chung, S.-Y., Bloking, J. T., & Chiang, Y.-M. (2002). Electronically conductive phospho-olivines as lithium storage electrodes. *Nature Materials* , 123-128.

Roth, E. P. (2007). *Thermal Ramp Abuse Test: Evaluation of Baseline A123 Cells*. Sandia National Laboratories.

+ Nanophosphate® High Power Lithium Ion Cell AHR32113 *Ultra-B*

KEY FEATURES AND BENEFITS

- + Industry-leading cycle life and Wh throughput
- + Low total cost of ownership
- + Superior abuse tolerance vs. oxide chemistries
- + High power density across broad SOC range



ADVANTAGES

- + Field tested and fleet proven in HEV applications
- + Robust, highly reliable design
- + Best-in-class usable energy

Abuse Test	Test Result
Nail Penetration	Pass – EUCAR 3
Overcharge	Pass – EUCAR 2
Over-discharge	Pass – EUCAR 2
Thermal Stability	Pass – EUCAR 2
External Short	Pass – EUCAR 4
Crush	Pass – EUCAR 3

AHR32113 Cell Specifications

Cell Dimensions (mm)	Ø32 x 113
Cell Weight (g)	205
Cell Capacity (nominal/minimum, Ah)	4.5/4.3
Energy Content (nominal, Wh)	14.6
Discharge Power (nominal, W)	550
Voltage (nominal, V)	3.3
Specific Power (nominal, W/kg)	2700
Specific Energy (nominal, Wh/kg)	71
Energy Density (nominal, Wh/L)	161
Operating Temperature	-30°C to 55°C
Storage Temperature	-40°C to 60°C

APPLICATIONS



Hybrid Passenger Vehicles



Hybrid Buses



Hybrid Trucks



Off-Highway Vehicles

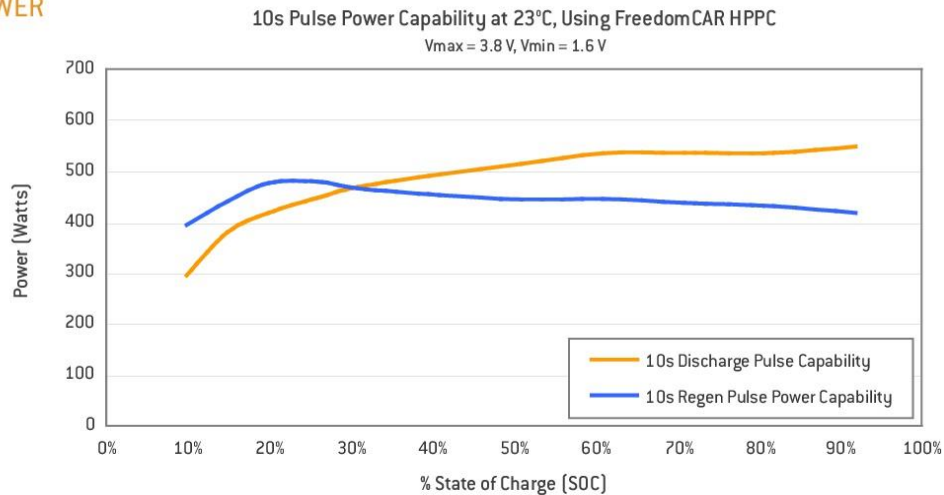
www.a123systems.com

A123
SYSTEMS

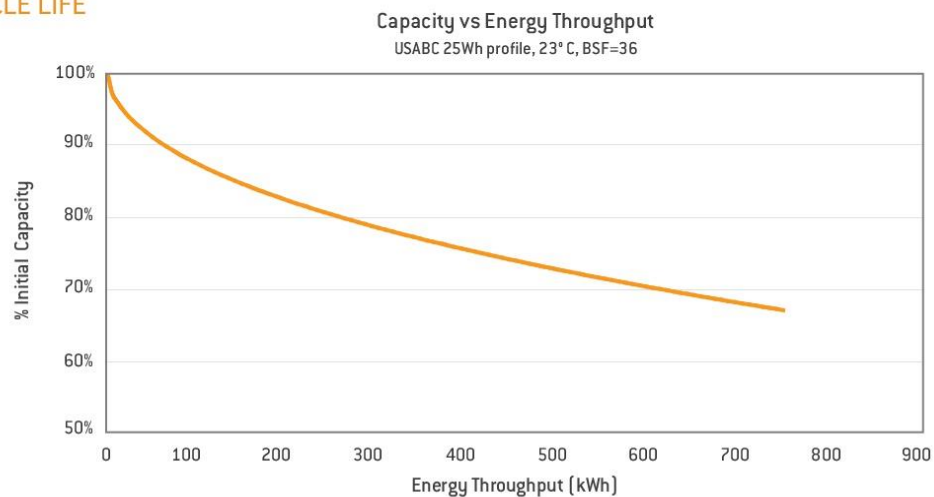
©2011 A123 Systems, Inc. All rights reserved.
MD100103-04

+ Nanophosphate® High Power Lithium Ion Cell **AHR32113 Ultra -B**

POWER



CYCLE LIFE



Performance may vary depending on use conditions and application.
A123 Systems makes no warranty explicit or implied with this datasheet. Contents subject to change without notice.

CORPORATE HEADQUARTERS

A123 Systems, Inc.
200 West Street
Waltham, MA 02451
(617) 778-5700




www.a123systems.com

A123
SYSTEMS

©2011 A123 Systems, Inc. All rights reserved.
MD100103-04

Nanophosphate[®] Lithium Ion Prismatic Pouch Cell **AMP20m1HD-A**

KEY FEATURES AND BENEFITS

-  High usable energy over a wide state of charge (SOC) range and very low cost per Watt-hour
-  Excellent abuse tolerance and superior cycle life from A123's patented Nanophosphate[®] lithium ion chemistry
-  High power with over 2,400 W/kg and 4,500 W/L



AMP20 Cell Specifications

Cell Dimensions (mm)	7.25 x 160 x 227
Cell Weight (g)	496
Cell Capacity (minimum, Ah)	19.5
Energy Content (nominal, Wh)	65
Discharge Power (nominal, W)	1200
Voltage (nominal, V)	3.3
Specific Power (nominal, W/kg)	2400
Specific Energy (nominal, Wh/kg)	131
Energy Density (nominal, Wh/L)	247
Operating Temperature	-30°C to 55°C
Storage Temperature	-40°C to 60°C

Abuse Test	Test Result
Nail Penetration	Pass – EUCAR 3
Overcharge	Pass – EUCAR 3
Over-discharge	Pass – EUCAR 3
Thermal Stability	Pass – EUCAR 4
External Short	Pass – EUCAR 3
Crush	Pass – EUCAR 3

APPLICATIONS



PHEV and EV Passenger Vehicles



PHEV and EV Commercial Vehicles



Utility-scale Storage

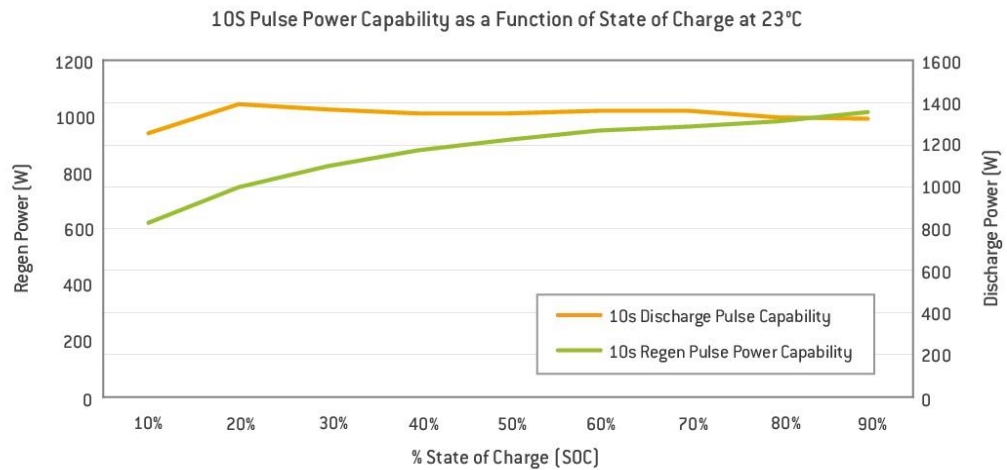
www.a123systems.com


A123
SYSTEMS

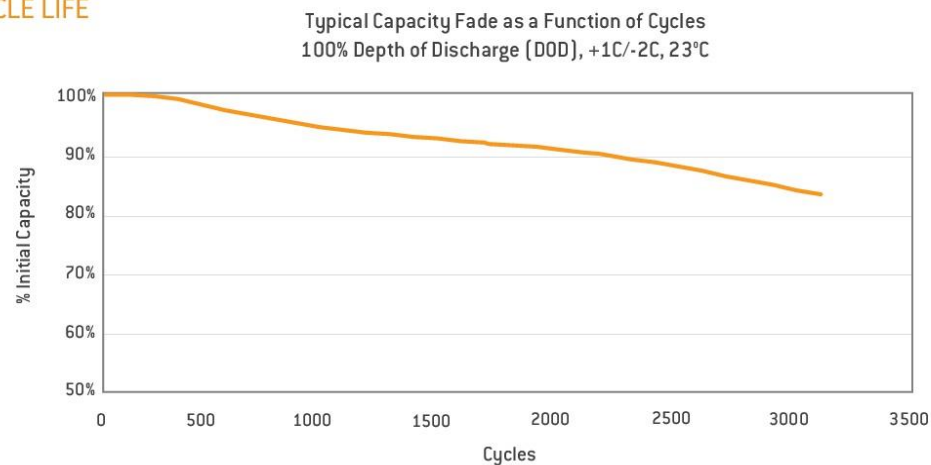
©2012 A123 Systems, Inc. All rights reserved.
MD100105-03

+ Nanophosphate[®] Lithium Ion Prismatic Pouch Cell AMP20 *m1*HD-A

POWER



CYCLE LIFE



Preliminary specifications, performance may vary depending on use conditions and application.
A123 Systems makes no warranty explicit or implied with this datasheet. Contents subject to change without notice.

CORPORATE HEADQUARTERS

A123 Systems, Inc.
200 West Street
Waltham, MA 02451
(617) 778-5700

www.a123systems.com

A123
SYSTEMS

©2012 A123 Systems, Inc. All rights reserved.
MD100105-03

ANEXO 3 – BILL OF MATERIAL (BoM)

[illegible]

Nom.	Descripción:
ACC	Accessory Moto
CCC	Casted Cromated Component
CPI	Cover Injected Plastic
CPP	Cover Painted Plastic
CCP	Cover Cromated Plastic
BLT	Bolting
EMC	Electrical Manufactured Component
FCP	Frame Casted Paint

ANEXO 4 - DIAGRAMA ANTE-PRE (PdM)

